



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en
la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Minas

AUTORES:

Br. Arroyo Valle, José Luis (ORCID: 0000-0003-4689-5615)

Br. Rodrigo Meléndez, Willian Anderson (ORCID: 0000-0002-8436-0892)

ASESOR:

Mg. Siccha Ruiz, Orlando Alex (ORCID: 0000-0002-0638-2391)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Análisis de Estabilidad de Taludes

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico la presente tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza y voluntad necesaria para obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mi madre y abuelo María Meléndez Gálvez - Alfonso Rodrigo Castillo, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes pude llegar hasta aquí.

A mi abuela Bremilda Morales Llanos que desde el cielo guío mis pasos en esta constante lucha para lograr culminar uno de mis primeros objetivos trazados.

Rodrigo Meléndez, Willian Anderson

A mi madre: Sandra Maritza Valle Castillo a mis abuelos maternos: Luis Manuel Valle Guerra y Maritza Catillo Checa de Valle a mi tío/padrino: Elvis Valle Catillo, a mi hermana: Marisa Valle Ramírez, que, con su amor, dedicación me enseñaron a valorar todo, me enseñaron a crecer como persona, me enseñaron los valores que practico día a día, gracias a ellos que fueron, son y serán mi motor y motivo para salir adelante, se puede cumplir una meta que es terminar mi carrera profesional.

A mi novia: Fiorella Herrera Quevedo, que, gracias a su paciencia y amor y comprensión, me dio las fuerzas que una vez me faltaron para seguir adelante con esta meta trazada

A mi mejor amigo: Cristian Castro Rojas, que con su conocimiento y amistad me ayudaron en la formación de mi carrera

Arroyo Valle, José Luis

Agradecimiento

Queremos expresar nuestra gratitud a nuestros grandes maestros y amigos, John Piter Bejarano Guevara – Walter Asalde Zeña-Solio Arango Retamozo, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que podamos crecer día a día como profesional y persona, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Agradezco a nuestros compañeros y a nuestros docentes en general, ya que sin ellos no hubiese sido posible culminar nuestra carrera universitaria

A nuestros buenos amigos: Ing. Cristian Vásquez Torres-Ing. Merly Fernández Romero, por su amistad y compañerismo a lo largo de nuestra carrera, así como también por su apoyo como nuestros asesores externos ya que con su conocimiento, dedicación y paciencia contribuyeron a la realización de esta tesis.

Página del Jurado

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Arroyo Valle José Luis, estudiante de la Escuela Profesional de ingeniería de minas de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N°73457275, con el trabajo de investigación titulado:

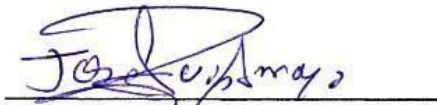
Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de Investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de Investigación no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de Investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseadas, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 12 de diciembre de 2019


José Luis Arroyo Valle
D.N.I.73457275

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Rodrigo Meléndez Willian Anderson, estudiante de la Escuela Profesional de ingeniería de minas de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N°76928905, con el trabajo de investigación titulado:

Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de Investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de Investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de Investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseadas, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiénome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 12 de diciembre de 2019



Willian Anderson Rodrigo Meléndez
D.N.I.76928905

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad.....	v
Índice	vii
Resumen.....	xvi
Abstract.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN	
Realidad problemática	19
Trabajos previos.....	22
A nivel internacional	22
A nivel nacional	24
A nivel local	25
Teorías relacionadas al tema.....	27
Generalidades.....	34
Formulación del problema.....	37
Justificación	37
Hipótesis	38
Objetivos.....	38
II. MÉTODO	
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	39
2.2. Variables, operacionalización.....	39
2.2.1. Variables	39
Variable independiente, Estudio geomecánico:	39
Variable dependiente, Tipo de sostenimiento:	39
2.2.2. Operacionalización de variables.....	39
2.3. Población y muestra	42
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ..	43
2.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	43
2.5. Procedimiento.....	44

2.6.	Métodos de análisis de datos	45
2.6.1.	Método analítico:	45
2.6.2.	Método sistémico:	45
2.7.	Aspectos éticos.....	45
III. RESULTADOS		
3.1.	Descripción de la geología local y regional de la zona	47
3.1.1.	Geología Regional	47
3.1.2.	Geología Local	52
3.1.3.	Factores y peligros hidrometereológicos	54
3.2.	Toma de datos en la zona con respecto del buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades	60
3.3.	Determinación del tipo de inestabilidad del macizo rocoso mediante las aplicaciones de las clasificaciones	81
3.3.1.	Resistencia a la compresión uniaxial	81
3.3.2.	Índice de calidad de la roca (R.Q.D).....	82
3.3.3.	Espaciamiento de las estructuras	83
3.3.4.	Persistencia	84
3.3.5.	Abertura	84
3.3.6.	Rugosidad	85
3.3.7.	Relleno.....	86
3.3.8.	Descomposición.....	86
3.3.9.	Filtraciones	87
3.3.10.	Índice RMR en relación a calidad del macizo rocoso.....	88
3.4.	Análisis del comportamiento del tipo de roca que existe, mediante los resultados que los ensayos en laboratorio puedan brindar, para conocer la resistencia del macizo rocoso.....	91
3.4.1.	Ensayo de compresión uniaxial	91
3.4.2.	Ensayo con esclerómetro	95
3.4.3.	Clasificación de rotura (Hoek/Brown y Mohr-Coulomb).....	99
3.4.4.	Factores a tener en cuenta para el diseño de taludes.....	111
3.5.	Plantear medidas de estabilización en la carretera Trujillo - Otuzco km10+000 al km15+000.....	114
3.5.1.	Malla de protección:	114

3.5.2. Shotcrete (concreto lanzado)	116
IV. DISCUSIÓN	121
V. CONCLUSIONES	123
VI. RECOMENDACIONES.....	125
REFERENCIAS	126
ANEXOS	132
Anexo N° 1. Matriz de consistencia	132
Anexo N° 1. Validación de instrumentos	134
Anexo N° 3. Mapa de ubicación.....	135
Anexo N° 4. Geología Regional	138
Anexo N° 5. Movimiento de masa en la región de La Libertad.....	139
Anexo N° 6. Fenómeno del Niño en el distrito 2017.....	140
Anexo N° 7. Fotografías en el lugar de estudio	141
Anexo N° 8. Fotografías de la toma de datos en la zona de estudio	142
Anexo N° 9. Datos procesados en el software Dips de cada estación de estudio	143
Anexo N° 10. Uso de las aplicaciones de las guías de clasificaciones geomecánicas	184
Anexo N° 11. Tablas de la clasificación geomecánica rmr y gsi	185
Anexo N° 12. Muestras traídas de campo para realizar los ensayos necesarios en laboratorio.....	187
Anexo N° 13. informe de laboratorio de los ensayos de compresión uniaxial, ensayos con esclerómetro y propiedades físicas de la roca.....	188
Anexo N° 14: Análisis con el software Swedge.....	191
Anexo N° 15. Entrevista	197

Índice de tablas

Tabla N° 1: Columna estratigráfica regional	51
Tabla N° 2: Centros poblados afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región La Libertad.....	56
Tabla N° 3: Tramos de la zona de estudio.....	60
Tabla N° 4: Tramos en donde existe desprendimiento de roca	61
Tabla N° 5: Vista cuadrícula de los datos de campo: EG - 06: 13+000 km - 13+350 km	62
Tabla N° 6: Vista cuadrícula de los datos de campo: EG - 07: 13+350 km - 13+650 km	68
Tabla N° 7: Vista cuadrícula de los datos de campo: EG - 08: 13+650 km - 14+000 km	74
Tabla N° 8: Resumen del análisis de familias y fallas por estaciones	80
Tabla N° 9: Datos de resistencia a la compresión por tramos	81
Tabla N° 10: Datos de campo - calidad de roca (RQD).....	82
Tabla N° 11: Datos de campo – Espacio de estructuras.	83
Tabla N° 12: Datos de campo – persistencia	84
Tabla N° 13: Datos de campo – abertura de roca	84
Tabla N° 14: Datos de campo- rugosidad de discontinuidades	85
Tabla N° 15: Datos de campo- Relleno en discontinuidades.....	86
Tabla N° 16: Datos de campo - Alteración del macizo rocoso	87
Tabla N° 17: Datos de campo- filtración	87
Tabla N° 18: Valores totales del RMR- del tramo 10+000 km al 13+000	88
Tabla N° 19: Valores totales del RMR- del tramo 10+000 km al 13+000	89
Tabla N° 20: Calidad del macizo	90
Tabla N° 21: Tipo de roca	91
Tabla N° 22: Características de Diorita	92
Tabla N° 23: Características de andesita	93
Tabla N° 24: Características de andesita cristalizada	93
Tabla N° 25: Resultado de las muestras - ensayo de compresión uniaxial	94
Tabla N° 26: Peso específico de la roca diorita	96

Tabla N° 27: Peso específico de la roca andesita	96
Tabla N° 28: Peso específico de la roca andesita cristalizada	96
Tabla N° 29: Valores adquiridos con el esclerómetro o MARTILLO SCHMIDT	97
Tabla N° 30: Valores adquiridos con el esclerómetro	97
Tabla N° 31: Valores adquiridos con el esclerómetro de estación 06, 07 y 08.....	97
Tabla N° 32: Datos obtenidos mediante el esquema de Miller.....	98
Tabla N° 33: Clasificación de rocas en ingeniería método de Deere y Miller.....	98
Tabla N° 34: Valor total de resistencia a la compresión por tipo de roca.	99
Tabla N° 35: Datos que se procesaron en el software	99
Tabla N° 36: Valores totales por tramo de estudio- Clasificación Hoek Brown.....	110
Tabla N° 37: Valores totales por tramo de estudio- Clasificación Mohr-Coulomb.....	110
Tabla N° 38: Valor de sismicidad.....	111
Tabla N° 39: Temperatura y precipitación de Otuzco	111
Tabla N° 40: Valores totales obtenidas en el software	113
Tabla N° 41: Costos totales	116
Tabla N° 42: Costos totales	119
Tabla N° 43: Costo de sostenimiento total	120
Tabla N° 44: Vista cuadrícula de los datos de campo: Estación N° 01: 10+000 km - 10+500 km.....	143
Tabla N° 45: Vista cuadrícula de los datos de campo: Estación N° 02: 10+500 km - 11+000 km.....	149
Tabla N° 46: Vista cuadrícula de los datos de campo: Estación N° 03: 11+000 km - 11+500 km.....	155
Tabla N° 47: Vista cuadrícula de los datos de campo: Estación N° 04: 11+500 km - 12+250 km.....	161
Tabla N° 48: Vista cuadrícula de los datos de campo: Estación N° 05: 12+250 km - 13+000 km.....	167
Tabla N° 49: Vista cuadrícula de los datos de campo: Estación N° 09: 14+000 km - 14+500 km.....	172
Tabla N° 50: Vista cuadrícula de los datos de campo: Estación N° 10: 14+500 km - 15+000 km.....	178

Índice de gráficos

Gráfico N° 1: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 06	63
Gráfico N° 2: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 06	64
Gráfico N° 3: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 06	65
Gráfico N° 4: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 06	65
Gráfico N° 5: Trazado general de la estación geomecánica N° 06	66
Gráfico N° 6: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 07	69
Gráfico N° 7: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 07	70
Gráfico N° 8: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 07	71
Gráfico N° 9: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 07	72
Gráfico N° 10: Trazado general de la estación geomecánica N° 07	73
Gráfico N° 11: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 08	75
Gráfico N° 12: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 08	76
Gráfico N° 13: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 08	77
Gráfico N° 14: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 08	78
Gráfico N° 15: Trazado general de la estación geomecánica N° 08	79
Gráfico N° 16: Calidad del macizo rocoso por tramos de estudio	90
Gráfico N° 17: Esquema de Miller	95
Gráfico N° 18: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 01	100
Gráfico N° 19: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 02	101
Gráfico N° 20: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 03	102
Gráfico N° 21: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 04	103
Gráfico N° 22: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 05	104
Gráfico N° 23: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 06	105
Gráfico N° 24: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 07	106
Gráfico N° 25: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 08	107

Gráfico N° 26: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 09	108
Gráfico N° 27: Datos procesados en el software de la estación geom. N° 10	109
Gráfico N° 28: Aplicación del método de sostenimiento por shotcrete (vía húmeda)	118
Gráfico N° 29: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 01	144
Gráfico N° 30: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 01	145
Gráfico N° 31: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 01	146
Gráfico N° 32: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 01	147
Gráfico N° 33: Trazado general de la estación geomecánica N° 01	148
Gráfico N° 34: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 02	150
Gráfico N° 35: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 02	151
Gráfico N° 36: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 02	152
Gráfico N° 37: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 02	153
Gráfico N° 38: Trazado general de la estación geomecánica N° 02	154
Gráfico N° 39: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 03	156
Gráfico N° 40: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 03	157
Gráfico N° 41: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 03	158
Gráfico N° 42: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 03	159
Gráfico N° 43: Trazado general de la estación geomecánica N° 03	160
Gráfico N° 44: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 04	162
Gráfico N° 45: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 04	163
Gráfico N° 46: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 04	164
Gráfico N° 47: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 04	165
Gráfico N° 48: Trazado general de la estación geomecánica N° 04	166

Gráfico N° 49: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 05.....	168
Gráfico N° 50: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 05	169
Gráfico N° 51: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 05	170
Gráfico N° 52: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 05	171
Gráfico N° 53: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 09.....	173
Gráfico N° 54: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 09	174
Gráfico N° 55: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 09	175
Gráfico N° 56: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 09	176
Gráfico N° 57: Trazado general de la estación geomecánica N° 09	177
Gráfico N° 58: Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 10.....	179
Gráfico N° 59: Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 10	180
Gráfico N° 60: Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 10	181
Gráfico N° 61: Trazado de Rossetas - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 10	182
Gráfico N° 62: Trazado general de la estación geomecánica N° 10	183
Gráfico N° 63: Cuña existente en el talud del tramo 10+000 km - 10+500 km	191
Gráfico N° 64: Cuña existente en el talud del tramo 11+500 km - 12+250 km	192
Gráfico N° 65: Cuña existente en el talud del tramo 13+000 km - 13+350 km	193
Gráfico N° 66: Cuña existente en el talud del tramo 13+350 km - 13+650 km	194
Gráfico N° 67: Cuña existente en el talud del tramo 13+650 km - 14+000 km	195
Gráfico N° 68: Cuña existente en el talud del tramo 14+000 km - 14+500 km	196

Índice de valores

Data N° 1: Valores a ingresar, clima y coeficiente sísmicidad	112
Data N° 2: Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 10+000 km - 10+500 km.....	191
Data N° 3: Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 11+500 km - 12+250 km.....	192
Data N° 4: Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 13+000 km - 13+350 km.....	193
Data N° 5 : Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 13+350 km - 13+650 km.....	194
Data N° 6: Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 13+650 km - 14+000 km.....	195
Data N° 7: Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 14+000 km - 14+500 km.....	196

Índice de imágenes

Imagen N° 1. acceso hacia el área de estudio	34
Imagen N° 2: Zona de estudio	37

Resumen

La finalidad por el cual se desarrolló el presente trabajo de investigación fue realizar el estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de taludes en la carretera Trujillo - Otuzco,

Este tema de investigación surgió a partir de la problemática existente en la zona, vinculado con el deslizamiento de roca en los diferentes tramos de la carretera, causada por diversos factores naturales, siendo geológicos, refiriéndose al suelo y a la roca suelta, estratigrafía, discontinuidades y alteración de las rocas, también el comportamiento geomecánico, geomorfológicos y climáticos. El diseño de investigación es cuantitativo con un diseño de tipo transversal ya que es una investigación de manera observacional y descriptivo.

La metodología con el que se desarrolló, estuvo enmarcada a disponer de un amplio marco teórico que guarda relación con la clasificación geomecánica de Bieniawski, criterios de rotura de Mohr - Coulumb y Hoek y Brown, índice de resistencia geológica, rotura tipo cuña, y otras teorías que validaron al estudio en mención. De tal manera, para obtener la información in situ se utilizó técnicas de campo como la de observación directa y técnica de entrevista, en donde a través de guías de descripción geológica, guías de observación de campo y laboratorio, guía de análisis documental y guía de entrevista; se utilizó también el Excel 2016, software ArcGIS 10.5.

Por último, mediante un buen análisis y la utilización de guías de clasificación geomecánica se pudo deducir que, de los tramos de estudio, tres de ellos son los que requieren un tipo de sostenimiento ya que el tipo de roca que se encuentran es poca resistencia y, por ende, es propenso al deslizamiento de roca. Para ello se planteó el método de sostenimiento siendo, mallas metálicas y el de concreto lanzado considerando costos, cantidad de material y mano de obra necesaria.

Palabras Clave: clasificación geomecánica, deslizamiento de roca, cuña, resistencia y talud

Abstract

The present research work's purpose was to carry out a geomechanical study to determine an appropriate type of slope support at Trujillo - Otuzco road.

This research topic began with the existing problems in this area, connected to the rock landslides in different sections of the road, caused by various natural factors. Being geological, referring to soil and loose rock, stratigraphy, discontinuities and alteration of rocks. Also geomechanical, geomorphologic and climatic behavior. The research design is quantitative with a cross-sectional design as it is an observational and descriptive research.

The methodology with which it was developed, was framed to have a broad theoretical framework that is related to the geomechanical classification of Bieniawski - Morh - Coulumb - Hoek and Brown breaking criteria, index of geological resistance, wedge breakage and other theories that validated the study mentioned. In this way, in order to obtain the information in situ we used techniques such as direct observation and interview technique, where through geological description guides, field observation guides and laboratory, documentary analysis guide and interview guide; also used Excel 2016, Arcgis 10.5 software.

Finally, a good analysis and the use of geomechanical classification guides showed that, from the study sections, three of them are those that require a type of support since the type of existing rock has low resistance and therefore prone to rock sliding. To this end, the method of support was proposed, consisting in metallic meshes and concrete pump considering costs, quantity of material and manpower required.

Keywords: Geomechanical classification, Rock slide, Wedge, Resistance and Slope.

I. INTRODUCCIÓN

Al investigar sobre la **realidad problemática que interviene**, la estabilidad de taludes se ha hecho cada día más importante ya que en la minería, geología y en la ingeniería civil, el diseño y construcción de un talud se ha encontrado más problemas y eso se suscita en todos los niveles de desarrollo que va desde lo internacional hasta lo local en varios tipos de obras de ingeniería, por lo cual las empresas que se dedican a este rubro de la ingeniería han tomado mejores alternativas para desarrollar proyectos más seguros, con la finalidad de generar confianza entre sus colaboradores y los pobladores que transcurren por esos lugares, cumpliendo cabalmente las normativas propuestas por el estado.

La estabilidad de taludes es de suma importancia en la ejecución de cualquier proyecto, tomando las medidas necesarias de prevención, para mitigar las pérdidas posibles que puede llegar a originar, una de las medidas se trata de medir el riesgo a evitar los deslizamientos de rocas (Torres, 2007).

Frente a lo dicho se puede indicar que existe un problema vinculado con la inestabilidad de taludes ya que, es el movimiento o deslizamiento de tierra a causa de diversos factores naturales, como geológicos, refiriéndose al suelo y a la roca suelta, estratigrafía, discontinuidades y alteración de las rocas, también el comportamiento geomecánico, geomorfológicos y climáticos (precipitaciones pluviales, filtración de agua, terremotos) antrópicos, corte de taludes para carreteras, asentamiento humano, minería (Choque, 2009).

Para ello se debe realizar la identificación de las causas como: el desprendimiento de roca originadas por la existencia de fallas, pendientes muy pronunciadas, pues muchas veces la falta de monitoreos de taludes donde no se puede visualizar el déficit pudiendo evitar pérdidas económicas, ambientales y sociales; dentro de los efectos naturales siendo factores imposibles de evitar en donde también los parámetros geológicos intervienen de forma inevitable.

Al tratarse de desprendimiento de roca, afectando a la población ya que se puede ocasionar daños como pérdidas humanas, ya que muchas veces este tipo de desprendimiento es originado en carreteras el cual hace también, que el transporte se retrase ocasionando pérdidas económicas en donde el daño se incrementa y también

hace presencia el conflicto social (De La Cruz y Orosco, 2013). Se puede tomar como evidencia en Colombia según el autor Escobar y Duque, (2017) que diversos factores producen que las rocas se cuarteen, disgregan y descomponen existiendo la meteorización, también los agentes geológicos como el desgaste de roca por efectos climáticos lo que forman fisuras mediante la gravedad va descendiendo lo que ocasiona daños en diversos ámbitos forma inevitable.

Otra evidencia en México, según Pérez (2017) dice que en poblado de Tlacuitlapa se tienen problemas como la inestabilidad donde las fallas son originadas por deslizamiento de roca en donde la abertura inicial de 10cm, lo que dos semanas después alcanza los 36 cm de abertura que puede alcanzar un deslizamiento de 1.8 cm por día a causa de las lluvias, siendo el factor que origina ya que hace que la abertura de estas sea mayor. Siendo como causa la presencia de fallas, formado debido a fracturas en la que se puede identificar desplazamiento de roca en los lados opuestos al plano de la falla, para clasificar las fallas se utiliza mucho el sentido de este desplazamiento (Morales, 2000).

Cuando se refiere pendiente muy pronunciada es el origen de deslizamiento de masa en la que origina daños económicos y humanos de gran magnitud. Existe un ángulo o nivel de conformidad de un talud natural o artificial, midiendo en grados, ángulos o relación horizontal/vertical (Toro, 2014). Teniendo como evidencia Sackschewski, (2017) el origen de muchos desprendimientos es originados a causa de una mala geometría de talud, el ángulo de inclinación no es adecuado al tipo de roca y muchas veces se debe tomar en consideración los datos que brinda la brújula como el rumbo y el buzamiento de las discontinuidades mucho tiene que ver con el trazado de un talud para que sea de manera correcta la pendiente.

Por otro lado, el Perú no es ajeno ante la falta de monitoreos de taludes, el cual al no realizar los estudios correctos en la que esto, ayuda muchas veces en la identificación de comportamiento de taludes, zonas posibles de deslizamientos y gracias a esto se puede evitar daño (Peña, 2013). El autor Aragón, (2014) tiene como evidencia en Medellín (Colombia) que para prevenir eventualidades con desenlaces fatales se realiza mediante los monitores en donde el análisis y los estudios de desprendimiento de roca en taludes, evidenciando el riesgo que puede ocasionar el desprendimiento

de la capa de la litología, expuesto en toda la vía, siendo la finalidad de esto es la eficiencia de una estabilidad de roca lograda

Los efectos climáticos, según Castro, (2010) están jugando un papel de suma importancia ante esta problemática de inestabilidad de taludes ya que provocan muchas veces saturación de la superficie terrestre. El mismo autor tiene como evidencia que al no saber cómo controlar la erosión los países gastan anualmente millones de dólares reestableciendo taludes, pero al ser influenciado negativamente por los agentes geológicos que hace un desgaste de la masa rocosa que hace que se altere la composición del talud haciéndolo inestable.

Otra evidencia es lo señalado por Chicas y Martinez, (2012) en donde la lluvia y el agua que son agentes geológicos hacen erosionar la roca lo cual provocando consigo la fragilidad y la inestabilidad del cerro, dando paso al reconocimiento de zonas vulnerables. Para ello se planteó un sistema en la que se realice la evacuación del agua de lluvia mediante obras de ingeniería en la que se controlaría en lo mayor posible cumpliendo con el valor estimado del proyecto siendo de US \$ 450, 040.99. Según Toro, (2014) los factores externos que afectan, siendo los agentes geológicos e hidrológicos es lo que produce el desgaste del talud, donde indica que la causa que originó el deslizamiento de tierra son los suelos débiles y el agua de las lluvias, lo que origina la vulnerabilidad del suelo y erosión superficial muy intensa, siendo una inestabilidad de manera recurrente.

Si se hace referencia al ámbito local, que puede señalar lo acontecido en la carretera Trujillo - Otuzco Km 10+000 al Km 15+000, en la que se puede visualizar la inestabilidad de taludes con presencia de deslizamiento de rocas, originado por pendientes muy pronunciadas y la falta de monitores que puedan evitar dichos acontecimientos que muchas veces originan pérdidas humanas y económicas.

Frente a todo lo expuesto cabe plantearse las siguientes interrogantes

¿En qué medida los estudios geomecánicos podrá determinar el tipo de sostenimiento adecuado de taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000?

¿Cuál sería el tipo de sostenimiento para prevenir el deslizamiento de roca en la carretera Trujillo- Otuzco km10+000 al km 15+000?

Trabajos previos

Se encuentra a **nivel internacional** entre los trabajos previos de investigación que sirvió de base, está lo propuesto en España, por MIRA, Andrés, ALCÁNTARA, Antonio y GUTIÉRREZ, Fernando (2013) en su tesis para optar el título de ingeniero geólogo “Caracterización geomecánica y análisis de la estabilidad del talud sur del macizo rocoso de Monteagudo (Murcia, España)”, siendo como objetivo “conocer el grado de estabilidad del macizo rocoso de Monteagudo (Murcia) y el potencial peligro de desprendimiento de rocas en su talud sur” (p.151). Llegando a la deducción que, para conocer el grado de estabilidad del macizo rocoso, se pretende realizar el análisis geológico del basamento rocoso, ya que, a través de ello, se determina el tipo de roca, las variantes características que tiene de fracturación del macizo, esto quiere decir que, la caracterización, orientación y tipo de discontinuidades, grado de rotura del mismo. Con el fin de visualizar donde está el problema de desprendimiento de roca y poder evitarlo.

En **Costa Rica**, CERDAS OLAYA, Jhonatan Mauricio (2013), en la investigación “Uso de la clasificación geomecánica utilizando el método RMR para la estimación preliminar de los requerimientos de sostenimiento de taludes en el Cerro La Potra del proyecto hidroeléctrico Bajo Frio, República de Panamá”, la cual se tuvo que “estimar la calidad del macizo rocoso con base en los parámetros de resistencia para el sostenimiento de taludes del cerro La Potra del proyecto hidroeléctrico Bajo Frio” (p.6). En donde se propone para la selección del tipo de sostenimientos de taludes, el uso de la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski para evaluar la estabilidad de taludes, la cual es un mecanismo que indicará el grado de calidad del macizo rocoso. Donde la importancia que tiene las condiciones climáticas, cambios de temperatura, y los agentes geológicos causan la alteración del grado de meteorización. En consecuencia, se propone el tipo de sostenimiento de acuerdo al grado de rotura que se encuentra en la obra.

También en México, MANCERA ALEJÁNDREZ, Javier (2010), elaboró una tesis que titulada “Estudio para la estabilización de corte ubicado en el lado izquierdo de la carretera federal No. 54 Guadalajara-Salttillo, en el subtramo Guadalajara - Ixtlahuacán del río, Estado de Jalisco”, teniendo como objetivo “definir la geometría, las condiciones de drenaje superficial, subterráneo y conocer las unidades geológico-geotécnicas que afloran en la pared del talud, estudiar las

condiciones de inestabilidad del talud y recomendar las acciones para lograr que el talud sea estable durante su vida útil” (p.9), llegando a la conclusión que el agente geológico que afecta a la inestabilidad de taludes es el agua, encontrada en la parte baja, este talud al ser inestable a corto plazo en la que presenta falla como volteo y salida de cuñas. Una de las recomendaciones que se les asigna son las observaciones periódicas, para llevar un control de los deterioros en cada corte y poder estimar el comportamiento de ellos a mediano y corto plazo; también el levantamiento de los taludes con presencia de falla en la que la geometría de corte, los tipos de rocas que afloran en el talud, la dirección, ángulo, entre otros.

Se encontró también lo planteado en Chile, por MORALES CÁRDENAS, Mario Orlando (2009) en la investigación “Caracterización geotécnica y determinación de ángulos de talud en yacimiento Franke”, en la que se tuvo que “proponer los ángulos de talud en etapa de ingeniería conceptual en distintos sectores de la mina a partir de la realización una caracterización geotécnica de la futura mina a cielo abierto Franke, y de la metodología propuesta” (p.13). En donde se pudo llegar a la conclusión que para cualquier labor minera el análisis retrospectivo antes de la ejecución es sumamente importante, mediante estos estudios de ensayos de compresión uniaxial con la finalidad de encontrar una exactitud del UCS y descartar valores con el índice de carga puntual; ensayos triaxiales también para determinar los parámetros de roca, llegando a la conclusión que se debe sugerir una revisión de las muestras, para mejorar el ángulo de talud y poder determinar cualquier tipo de deslizamiento de roca producido a causa de esto.

Así mismo, en Colombia, SUAREZ DIAS, Jaime (2006) tiene como título “Deslizamiento sector El Limoncito Barrio Los Colorados – Bucaramanga”, teniendo como finalidad “Manejar el deslizamiento, para garantizar la estabilidad de la zona afectada por el movimiento”, donde la estabilización plantea manejar los niveles freáticos y la morfología del terreno para garantizar una estabilidad aceptable” (p.3). En donde se puede decir que el nivel freático existente en los suelos de Bucaramanga es lo que produce el deslizamiento a causa de un manto arcilloso. El problema se visualiza de manera frecuente por la infiltración de aguas en las viviendas del barrio Colorado; encontrando como evidencia los acontecimientos pasados en la que hubo deslizamiento de coronas.

En el ámbito **nacional**, también presentó antecedentes a nivel nacional entre las que destacan, lo trabajado por SACKSCHEWSKI CHAPMAN, Carlos Enrique (2017), sobre “Evaluación y verificación de las propiedades de los agregados de las nuevas canteras de Lima”, cuyo objetivo es “Brindar soluciones geotécnicamente seguras, eficaces y económicamente viables que garanticen la estabilidad de taludes en la carretera Canta – Huayllay en los sectores con problemas de ocurrencia de riesgo entre las progresivas del Km 102 al Km 110” (p.3). En lo que concluye que la ejecución mala de obras, a causa de materiales y condiciones desfavorables, generó la inestabilidad de taludes, también tuvo influencia las filtraciones de agua, para ello, mediante el análisis geológico-geotécnico adecuado, presentan un factor de seguridad apropiado. Para lo cual clasifica geomecánicamente según Bieniawski al macizo rocoso y de esta manera determinar sus propiedades de resistencia, evaluándose parámetros como: la resistencia de la roca intacta, el RQD, espaciamiento de las discontinuidades, rugosidad, separación de las discontinuidades (apertura), persistencia, relleno, meteorización y presencia de agua subterránea, así como diferentes software que permiten estimar la estabilidad de dicho talud y su respectivo tratamiento para asegurar su durabilidad a lo largo de los años.

De igual forma NUÑEZ ROMERO, Ricardo Alex y SANCHEZ LLACTA, Iván Jonathan en Huancayo (Perú) en el 2016, siendo como título del proyecto “Riesgo a deslizamiento en taludes del sistema vial Lampa – Pariahuanca, Huancayo” en la que se tuvo que “Determinar el riesgo a deslizamiento en taludes del sistema vial Lampa – Pariahuanca, Huancayo” (p.14). En dónde se pudo observar que los riesgos más propensos son los que se evidencia en épocas de lluvias y cuando hay presencia de sismo o ambos a la vez, ya que origina que el talud sea menos estable. Para el sector de Huasapa y el sector de Valle Progreso, ambos presentan el nivel de deslizamiento más alto, ya que de acuerdo al análisis que se realizó, se dice que el riesgo para Huasapa es de 33% con un nivel medio y para el otro sector es un 52% con un nivel de riesgo alto. Para ello se plantea promover campañas de prevención de riesgo y capacitaciones de los estudios realizados para que se tenga conocimiento alguno a lo que están propensos.

También lo elaborado por VALERIANO NINA, Fredy Alonso en Puno (Perú), 2015, la investigación “Métodos para el análisis de estabilidad de taludes en roca y su interacción en el cerro Espinal Juliaca”, consistió en “Analizar los métodos utilizados para el análisis de estabilidad de taludes en roca y su interacción en el Cerro Espinal – Juliaca” (p.10) Teniendo como finalidad que, para el análisis de los diferentes métodos, para determinar una buena estabilidad de taludes, se basó primero en la caracterización y clasificación del macizo rocoso, siendo la descripción geológica local, identificando las familias de discontinuidades bajo la toma de datos, para luego interpretar la interacción de los diferentes métodos, como el método cinemático o estereográfico, método equilibrio limite y el método numérico. Se pretende mediante estos, fortalecer a los taludes recuperando el factor de seguridad, garantizando la estabilidad, por lo tanto, esta tesis es de mucha importancia para conocer la importancia del estudio de la estabilidad de taludes.

De igual modo, en Cajamarca (Perú), LAGOS MANRIQUE, Alejandro Claudio (2015), en el trabajo de investigación “Modelamiento de la relación entre los procesos tectónicos y la inestabilidad en los terrenos de las zonas: Urubamba y tres ríos. Cajamarca- Perú”, en donde se planteó “obtener un modelo que explique la relación entre los procesos tectónicos y la inestabilidad de los terrenos en la zona de Urubamba y Tres Ríos” (p.22) se pudo determinar que de los factores que condicionan la inestabilidad de taludes se ha podido establecer que el tectonismo en un 25%, litología 32% e hidrogeología 18%. Dentro de los procesos involucrados en la zona de Urubamba, se ha identificado que los procesos geológicos están involucrados dentro del modelo conceptual. Ese 25% ha generado fracturamientos y plegamientos en rocas, siendo el sector sur-este donde se centra la mayor cantidad de falas y fracturas, generando inestabilidad de terrenos. Para ello, el autor recomendando que se debe realizar control de erosión de los terrenos, en especial los caseríos de Chunga, Ronquillo, Urubamba. Mediante la utilización del Método de Pearson se ha determinado también una correlación positiva entre litología (0,94), tectonismo (0,80) e hidrogeología (0,56). El coeficiente de consistencia (RC) calculado es 0,052.

Finalmente, en el ambiente **local** se tiene en la tesis de MEDINA ALLCCA, Lucio, RAMOS CABRERA, Willy, LATORRE BORDA, Omar y GONZALES SALES,

Jhoel (2017), titulada “Evaluación geológica de las zonas afectadas por el niño costero 2017 en las regiones La Libertad-Cajamarca” tuvo como objetivo “realizar la evaluación geológica sobre los efectos de “El Niño Costero” 2017, en la región La Libertad y parte de Cajamarca” (p.4). Lo cual concluye que en aquella parte en la carretera a Otuzco hay una pendiente de 200m aproximadamente lo cual hace posible un deslizamiento rotacional de la masa rocosa. Las causas próximas a este evento son la mala calidad de la roca, una pendiente muy pronunciada, mal diseño del talud para la construcción en la carretera y el exceso de lluvia hace que se produzca un deslizamiento de roca. A su vez también se produce caída de roca en algunos sectores de los tramos en la carretera. Uno de los derrumbes más significativos en la carretera Trujillo-Otuzco fue el 5 de setiembre del 2008, el transito se quedó paralizado más de 12 horas. La causa principal fue la pronunciada pendiente de 15m de longitud, la que afectó viviendas. Las posibles soluciones es hacer es disminuir la pendiente del talud hacer banquetas más grandes para el deslizamiento del agua, pones mallas de contención en la roca, hacer una revegetación para que la masa rocosa.

En las **teorías relacionadas al tema**, al estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en la carretera Trujillo- Otuzco, se obtuvieron lo siguiente:

Con respecto a la **geología** Rivera (2011) indica que es la ciencia basada en el análisis de diferentes características de la muestra de roca intacta, realiza una descripción de las discontinuidades y caracterización del macizo rocoso, también en la interviene la composición, estructura que ha ocurrido y siguen ocurriendo en la actualidad, al mismo tiempo la evolución del planeta a través de las características de las diferentes rocas.

Los **factores geológicos** según Quiróz (2014) son los que producen el desgaste de talud, produciendo muchas veces el deslizamiento de tierra, los agentes estratificación y las discontinuidades actúan como conductores de agua subterránea (agua de lluvia) produce alteraciones en la roca o suelo, afectando los parámetros de resistencia y permeabilidad, lo que origina el deslizamiento.

Con relación a **mecánica de rocas**, Ramírez y Alejano (2004) tal como cita al COMITÉ AMERICANO (1974), tiene como objetivo determinar el comportamiento del macizo rocoso, y para eso, se realizan estudios detallados como el de observación de campo y muestras de laboratorio de una pequeña muestra.

La **geomecánica**, también es tomado en cuenta en este tipo de investigación ya que Es el estudio basada en la deformación de suelos y rocas, en donde surge cambio en los esfuerzos, presión, temperatura y diferentes parámetros ambientales. Se define como el comportamiento de las fuerzas internas y externas aplicadas a la roca cuando esta sufre un esfuerzo, se le considera una ciencia de la tierra ya que estos esfuerzos se pueden dar de manera natural relacionados con la caracterización de masas rocosas que se pueden dar de forma natural como se da el intemperismo o de manera artificial dada por la mano del hombre como son los taludes en carreteras, los túneles.

La **clasificación geomecánica**, son métodos ayudan a un estudio donde permite encontrar el valorar la calidad del macizo rocoso, a través de ensayos sencillos, como son R.M.R. (Bieniawski), Q (Barton) y G.S.I. (Hoek & Brown) (Norly, 2012).

En geomecánica, este tipo de clasificación permite realizar el estudio del comportamiento del macizo rocoso, estimando también los parámetros geotécnicos a tomar en cuenta ante un diseño y tipo de sostenimiento de un túnel o talud (Rodríguez, 2013). Se tiene la siguiente clasificación:

La **clasificación geomecánica de Deere** (Índice Rock Quality Designation) tiene como finalidad la estimación de la calidad de roca, a través de un sondeo, este índice también brinda el porcentaje de roca intenta mayor a 100 mm de la longitud total de una maniobra en un sondeo. (Abad y Huisa, 2011). Sin embargo, para esta investigación se utilizará otro procedimiento de cálculo en base a las fisuras presentes en el macizo rocoso, la fórmula para calcular el RQD es:

- $RQD = 115 - (3.3) J_v$

El parámetro J_v va a depender de la cantidad de fisuras para cada uno de los ejes por lo que el resultado está representado en la siguiente fórmula:

- $J_v = J_{vx} + J_{vy} + J_{vz}$

Dónde:

$$J_v (\text{eje}) = (\# \text{ de fisuras} / \text{longitud del eje}).$$

También, la **clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)** es un tipo de clasificación del macizo rocoso, permite enlazar los índices de estimación con los parámetros geotécnicos obtenidos (Gonzales, 2002).

Dónde el valor del RMR de la roca para indicar el tipo de calidad varía de 0-100, de acuerdo a los parámetros como: orientación y condición de discontinuidades, presencia de agua y RQD. Al mismo tiempo, guarda relación con el ángulo y cohesión (características geotécnicas).

Existe una clasificación según Bieniawski, en la cual son cinco tipos o clases de roca según Bieniawski. Ver anexo n° 01.

Los resultados que se obtiene de ese cuadro se basan en relación a las características, permitiendo así el tiempo de soporte que pueda tener, de acuerdo a la calidad del macizo rocoso. En donde se sacará la diferencia con el factor de ajuste en relaciona la orientación de las discontinuidades.

Los **criterios de rotura** se tienen en cuenta también y dentro de ello está el **criterio de Mohr-Coulumb**, este tipo de rotura define la resistencia de corte que hay en un plano de estado triaxial de tensiones como la relación de esfuerzos cortantes tangenciales y normales, lo que actúan en todo momento de la rotura. (Sackschewski, 2017).

Mohr - Coulumb, expresa la resistencia del macizo rocoso y cuando ocurre este, representado por la fórmula:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \varphi$$

Dónde:

- τ y σ_n son las tensiones tangenciales y normales sobre el plano de rotura.
- c y φ son representa la cohesión y ángulo de fricción interna del material.

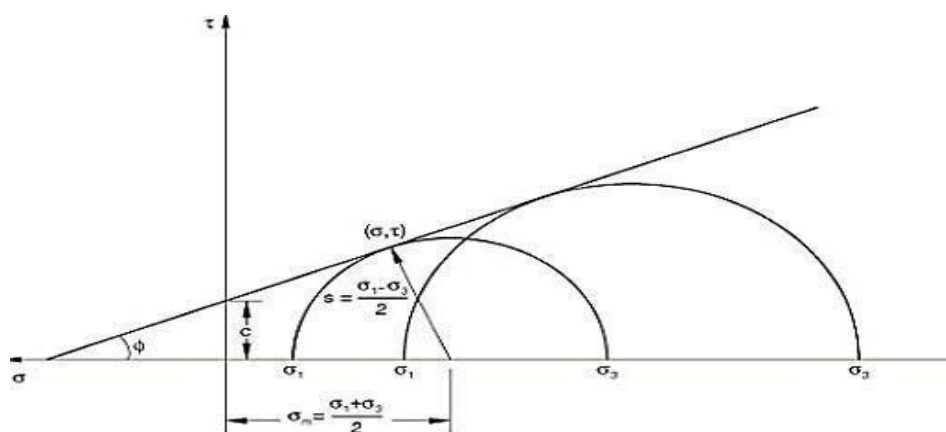


Gráfico N° 1. Criterio de rotura lineal

Fuente: Melentijevic, 2005, p.3

El criterio de Hoek & Brown, consiste en las características geotécnicas y geológicas se incluyen para aplicar este tipo de criterio, para poder determinar la resistencia se determina la resistencia de compresión simple y la constante del material rocoso.

Representado por la siguiente fórmula:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_i \sigma_{ci} \sigma_3 + \sigma_{ci}^2}$$

Dónde:

- σ_1 y σ_3 son esfuerzos principales mayor y menor.
- σ_{ci} es la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.
- m_i es la constante de la roca intacta.

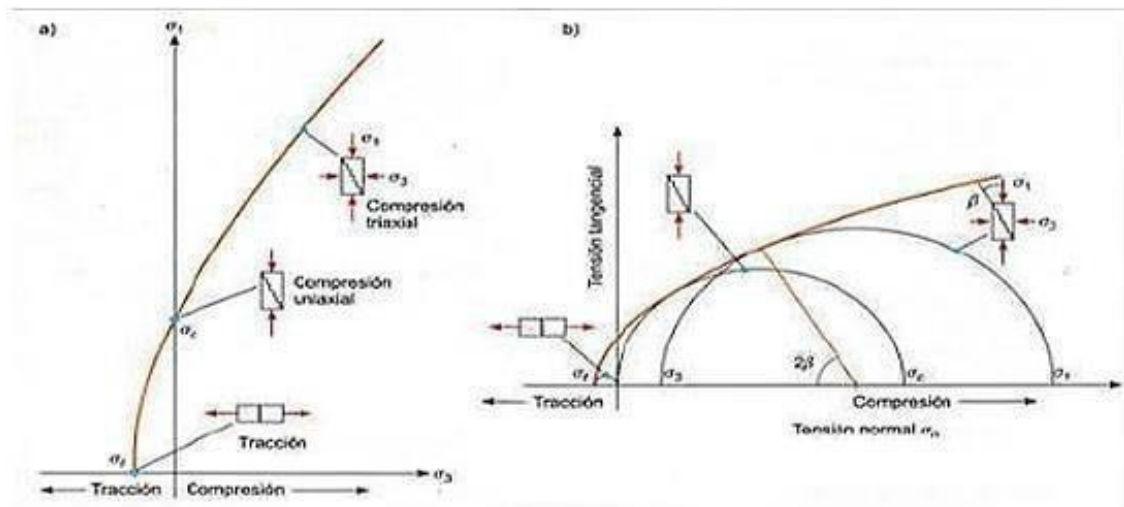


Gráfico N° 2. Envolventes de rotura del Criterio de Hoek & Brown en función de a) Esfuerzo principal b) Esfuerzo normal y tangencial

Fuente: (Sackschewshi, 2017, p.21)

El **índice de resistencia geológica (GSI)**, se considera las cualidades geomecánicas de las discontinuidades, a través de la observación directa, datos obtenidos in situ, permite reconocer y obtener datos como la resistencia de la roca, el grado de fracturación y los afloramientos existentes (Ramírez y Alejano, 2004).

Para Tardeo y Zanabria (2016) un **talud** se define como una superficie de terreno que contiene un ángulo de referencia con la horizontal, pueden ser artificial (también llamadas terraplén) o naturales (conocidas como laderas).

En un talud se pueden presentar **tipos de roturas**, la primera es la **rotura planar** el cual suele presentarse en macizos rocosos en la que son afectadas por fallas y diaclasas, siendo su resistencia mediana a alta. Esta rotura debe ser paralela a la cara del talud. (Ramírez, 2008).

Hay una variedad de deslizamiento dado en macizos rocosos de resistencia y discontinuidades pronunciadas, **la rotura en cuña** siendo deslizamiento traslacional que está controlado por dos o más orientaciones de las discontinuidades, las diaclasas, son una de las más encontradas en excavación de roca, utilizados en carretera (Ramírez, 2008).

Rotura por vuelco, se encuentra en la dirección de un plano de discontinuidad. Concuerda con la del plano del talud, tomando en cuenta también el buzamiento que se tiene al interior del macizo rocoso (Alejano, Arzúa y Veiga, s/f).

Se tiene en cuenta las condiciones de equilibrio de cada bloque que llegue a formar un talud, mediante cálculos en la que se relacione lo geométrico de bloques y del talud.

Y la **rotura circular**, conocida también como deslizamiento o rotura rotacional, dado en el tipo de macizo rocoso muy fracturada sin dirección exacta de deslizamiento, perdiendo la cohesión. Producida en terrenos homogéneos donde las discontinuidades no controlan el comportamiento mecánico que tiene el macizo rocoso, asemejándose a una forma cilíndrica (Instituto Geológico Y Minero De España, 1986).

Es importante el **rumbo y buzamiento** el cual son medidas en la que se representa el ángulo con respecto al norte magnético, determinado mediante una brújula. En el campo de la geología permite detallar el nivel de estratos y formaciones.

El rumbo, ángulo que indica la dirección de un plano, definida también como la línea de la intersección del plano geológico por un plano horizontal.

Inclinación máxima de los estratos o llamado **buzamiento**, es el ángulo que forma el estrato con la horizontal, medido perpendicularmente al rumbo. Se mide con un clinómetro (Heiningen, 2009).

Muchas veces se puede evitar el deslizamiento de talud, para ello es necesario el análisis del **factor de seguridad** en la que se encarga de ejecutar un correcto análisis de la estabilidad de taludes (Tardeo y Zanabria, 2016). En dónde puede variar de acuerdo a las normativas para los distintos tipos de talud y la importancia de las fallas que contengan para prevenir.

Es el permite relacionar la fuerza total para resistir cualquier tipo de deslizamiento con la fuerza actuante total que desliza la roca (Gonzales, 2004); es decir:

$$FS = \frac{FUERZA RESISTENTE}{FUERZA ACTUANTE}$$

En las superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$FS = \frac{MOMENTO RESISTENTE DISPONIBLE}{MOMENTO ACTUANTE}$$

Se trabaja con la tabla para identificar el nivel de estabilidad del talud, este factor de seguridad define la estabilidad de un talud.

Cuando el talud es estable tiene un valor de 1.2 – 2.0, mayor son las fuerzas resistentes que las fuerzas actuantes y cuando el talud es inestable su valor es de 1-1.2 y se da cuando las fuerzas actuantes son mayores que las fuerzas resistentes.

De acuerdo al tipo de macizo rocoso que se encuentra en la zona, al factor de seguridad, existen **tipos de sostenimiento**, como el **diseño de enmallados** considerado como una medida de protección, ya que se utiliza para la protección del talud, se determina este tipo de diseño ya que existe defensa de desgaste de la roca y evita la rotura progresiva de este material. Existiendo diferentes tipos, algunos revisten el talud y son fijados, con los pernos de anclaje (García, 2005).

Al existir, una clasificación de enmallados, estos son:

- Combinación de las mallas con una red de cables.
- Los pernos de anclaje con mallas de alambre.
- Pernos de anclaje con redes de alambre.

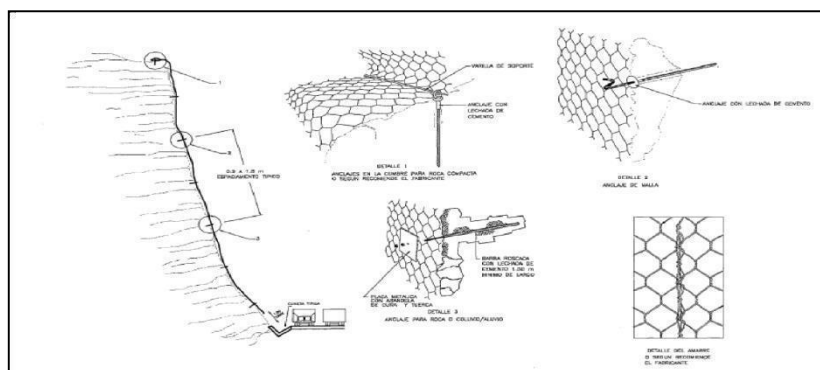


Gráfico N° 3. Esquema de un Talud con Enmallados
Fuente: (Alvarado y otros, 2014, p.72)

El **Shotcrete** o **concreto lanzado** está basado en el lanzamiento de una mezcla, en la que es constituida de cemento y agregados, siendo lanzado en seco o húmedo; antes de dicho lanzamiento suele ubicarse una malla de refuerzo y posteriormente realizar la acción ya mencionada. Este tipo de sostenimiento va a ayudar a que no se desarrolle la meteorización en la roca y su desgaste que se produce con los agentes geológicos y a la vez el deterioro sea menor, al mismo tiempo ayuda a que el desprendimiento de roca sea menor (De La Cruz, 2013).

En la ejecución de cualquier proyecto se tiene en consideración tres puntos importantes, siendo ellos los metrados, los **costos de sostenimiento** directos, indirectos y tributos. En costos directos se tiene en cuenta la mano de obra (remuneraciones, beneficios sociales y rendimientos de los trabajadores), equipos y herramientas (costos) y materiales a utilizar en la ejecución. En costos indirectos son todos aquellos gastos que complementan la ejecución, que vienen a ser los gastos generales y las utilidades. Y todo proyecto tiene que pagar sus tributos al estado que viene a ser el IGV. La suma de todos estos costos da el costo unitario que a su vez esto se llama el presupuesto de una obra.

El **costo unitario** sirve para realizar el seguimiento de los costos que se es necesario para la producción de algo y distribuirlo de manera responsable, también se incluye costos directos como mano de obra, entre otros. Para este cálculo se debe estimar los costos fijos y los costos variables.

Metrados es la cantidad de materiales que se obtiene mediante lecturas acotadas, preferentemente para conocer la cantidad de materiales que se va a utilizar en un proyecto. Estos son ejecutados con el único fin de calcular la cantidad de lo que

se va realizar en obra, multiplicando por el costo unitario respectivo (Ramos, 2003).

Para el desarrollo del área de estudio, se tienen como generalidades:

Otuzco, está **ubicado** en la vertiente occidental de la cordillera de los andes, al noroeste de la ciudad de Trujillo, en la parte central de la Región La Libertad. Geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas:

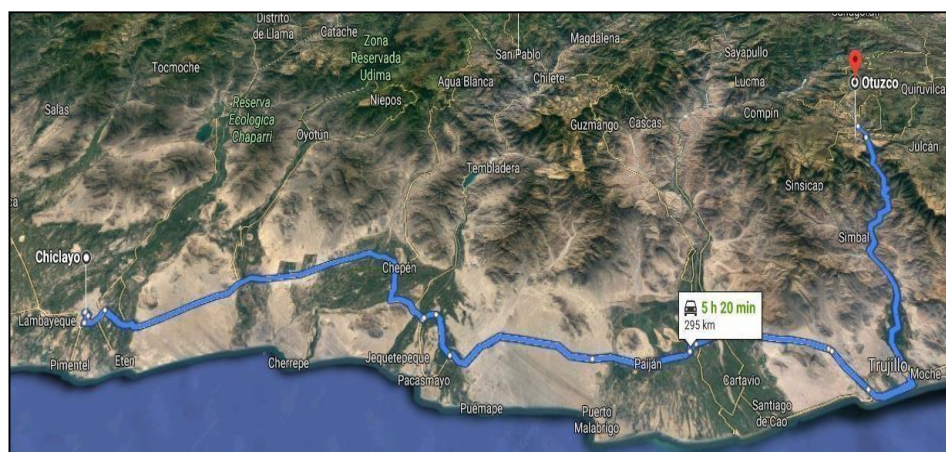
Latitud Sur	7° 53'54"
Longitud Este	78° 33'45"
Longitud Meridional	78° 23'30".

La provincia limita por el norte con las provincias de Ascope y Gran Chimú; por el sur, con las provincias de Julcán y Santiago de Chuco; por el oeste, con las provincias de Sánchez Carrión y Cajabamba (Región Cajamarca) y; por el este, con las provincias de Trujillo y Ascope (Ver anexo N°3).

Para la **accesibilidad**, se conoce que se encuentra hacia el noreste de la ciudad de Trujillo a una distancia no mayor de 75 Km el cual se recorre por carretera asfaltada en un tiempo aproximado de 1.15 h); el tipo de carretera es asfaltada, para llegar seguirá la carretera industrial hasta el desvío a Otuzco (74 km) aproximadamente a 1 hora, se pasará por los centros poblados de Samne y Casmiche hasta llegar.

Y desde la provincia de Chiclayo es la distancia de 295 km y la duración del viaje es de 5.20 horas, aproximadamente.

Imagen N° 1. Acceso hacia el área de estudio



Fuente: Google Maps

Como toda provincia de sierra, Otuzco muestra en su **relieve** características similares a la de otros ámbitos de la serranía peruana. Sin embargo, su relieve accidentado o de fuerte topografía se da por tres grandes líneas o formas definitorias de su relieve; como son:

a) Los contrafuertes o divisorias de aguas

Además de la divisoria continental de las aguas o Cordillera Occidental, se tiene:

- El contrafuerte norte de Huaranchal, que se extiende entre el cerro Mal Paso (4,112 m) en la cordillera occidental al este y el cerro Fila de Changas (2,110 m) al oeste del distrito de Lucma. Forma la divisoria de agua de los ríos Huancay, Chicama por el sur y Chuquillanqui-San Jorge por el norte y oeste. Esta zona ha sido afectada por el tectonismo andino (plegamiento y fallas longitudinales y transversales), así como por intrusiones de rocas ígneas. Aquí se halla el carbón antracita de la cuenca de Otuzco en el Alto Chicama en gran volumen potencial.
- El contrafuerte central o de Otuzco; es el más importante y separa las aguas de los ríos Chicama por el norte y las del río Moche por el sur, comienza en el macizo de Quiruvilca (cerro Pelón a 4,230 m) y concluye en el cerro Campana (993 m) en Trujillo; tiene una longitud de 85 km y una altitud promedio de 3,752 msnm.
- El contrafuerte sur o de Salpo; se halla entre el río Moche por el norte y el río Viró (Pachachaca-Huacapongo) por el sur. Tiene 60 km de longitud, de los cuales 32 están en la provincia y su altitud promedio es de 3,600 m. Del distrito de Salpo y parte de Agallpampa, hacia el lado colindante con el río Moche, el relieve es sumamente accidentado, con pendientes muy pronunciadas. De Salpo hacia Mache y Carabamba, el relieve va de plano a ondulado, donde prosperan pastos naturales y cultivos transitorios.

Las líneas divisorias arriba señaladas, marcan la existencia de dos grandes **valles interandinos** y algunos de carácter secundario. El valle del río Chicama, que también comprende los distritos de Lucma y Marmot, abarca íntegramente los distritos de Huaranchal, Charat, Usquil y 40% del territorio

del distrito de Otuzco. En esta zona se produce frutales, café, pastos, cría de ganado de carne, etc. En las partes bajas de este valle, hay extensas pampas que podrían ser irrigadas si se aprovechara mejor las aguas del citado río. En el valle del río Moche, entre Platanar-Singuirual y el límite con Quiruvilca, con más de 56 km de longitud, muestra en las partes altas, zonas más o menos planas sembradas por cultivos de pan llevar, principalmente papa y cereales; pero también áreas como las de Sanchique, Plazapampa, Yamobamba, Carata, Chota y Motil, donde existen plantaciones de eucaliptos.

Destacan las **mesetas** de Purrapampa-Carabamba, entre los distritos de Salpo, Mache y Carabamba; esta meseta, tiene alrededor de 120 km² de superficie, de los cuales 80 km² están en la provincia de Otuzco. Tiene importancia humana y económica, pues significa la vinculación hacia la costa liberteña por el lado de la provincia de Virú. La otra meseta es Urpillao que se levanta a partir de los 3,700 msnm, se halla al oeste del distrito y ciudad de Otuzco y tiene una superficie de 90 km². Es en las partes altas de

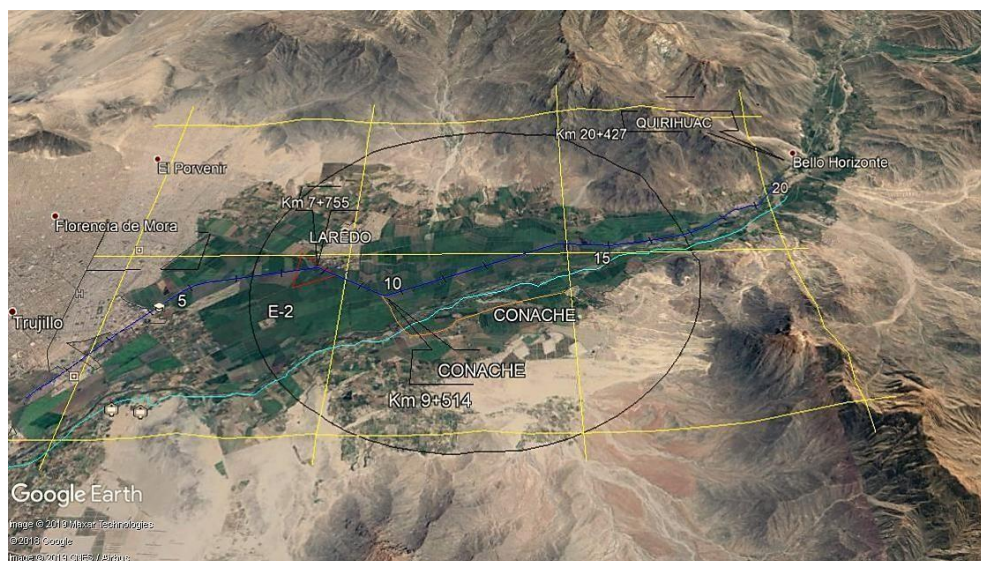
La zona abarca gran parte del flanco disectado de los Andes, de **topografía** escarpada con valles profundos y encañonados que descienden con fuerte pendiente hacia la costa. El sector más oriental corresponde a la puna y se caracteriza por superficies más o menos onduladas, de 3,500 a 4,000 m. de altitud, sobre las cuales se levantan algunas cadenas de cerros. Esta región ha sido afectada por erosión glacial y fluvial que han dado origen a valles que en la actualidad se encuentran en proceso de encañonamiento. Ver anexo N° 4.

A causa de una topografía ondulada, se conoce la **vulnerabilidad del suelo** físicas como:

- Inundaciones: En la parte baja del distrito de Sinsicap, el camino vecinal N° 540 tiene su trazo en partes del lecho del río, el cual se ve interrumpido en la época de lluvia.
- Deslizamientos: En varias zonas, especialmente La Cuesta (Nambuque, Caniac), Paranday (Paranday - La Represa), Sinsicap (San Miguel a San Ingacio), Usquil (~~Canibamba. Capachique. Huacamochal~~), en invierno ocurren deslizamientos que impiden al tránsito.

- Derrumbes: en algunas zonas de los distritos de Usquil, Charat y Huaranchal, por donde pasa la carretera Departamental 105 y el camino vecinal con código 573: hay tramos angostos y con taludes que en épocas de lluvia desembocan en derrumbes. De igual modo, en la ruta Salpo — Casmiche Blanco, donde ocurren derrumbes de piedras.

Imagen N° 2. Zona de estudio



Fuente: Google earth.

La **formulación del problema** se presentó de la siguiente manera: ¿Cómo se podrá determinar el tipo de sostenimiento adecuado de taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000?

El presente trabajo de investigación presentó como **justificación** que el motivo que fue de ayuda para la realización el trabajo de investigación es de carácter académico. Es académico, ya que, en vista que la investigación involucrará la recopilación de datos en campo con respecto al buzamiento y acimut de las discontinuidades, también comprobar la cohesión y la fricción del macizo rocoso mediante los resultados de los ensayos que se obtendrán de laboratorio para conocer la resistencia del macizo rocoso.

Este trabajo, también cuenta de **gran importancia** ya que está orientada a elaborar estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento correcto de taludes en la carretera Trujillo- Otuzco km10+000 al km15+000, para ello se determina

mediante la técnica de campo, obteniendo datos, también identificar la inestabilidad del macizo rocoso, a través de las diferentes aplicaciones que tienen las clasificaciones geomecánicas, además mediante los resultados obtenidos para conocer la resistencia del macizo y también brindar algunas opciones como solución ante las fallas de taludes de la zona.

Se planteó como **hipótesis** que, si se realiza el estudio geomecánico entonces, se podrá determinar el tipo de sostenimiento adecuado de taludes en la carretera Trujillo - Otuzco km10+000 al km15+000

En relación a los objetivos en el trabajo de investigación, se encuentra como **objetivo general** realizar el estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de taludes en la carretera Trujillo - Otuzco km10+000 al km15+000 y como **objetivos específicos** detallar la geología local y regional de la zona, plasmar la toma de datos en la zona con respecto del buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades, determinar la inestabilidad del macizo rocoso mediante las aplicaciones de las clasificaciones, analizar el comportamiento del tipo de roca que existe, mediante los resultados que los ensayos en laboratorio puedan brindar, para conocer la resistencia del macizo rocoso y plantear medidas de estabilización en la carretera Trujillo - Otuzco km10+000 al km15+000.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es cuantitativo con un diseño de tipo transversal, según Hernández, Fernández y Batista (2015) indican que las investigaciones transaccionales es una investigación de manera observacional y descriptivo, cuyo objetivo es medir la muestra poblacional en un momento reconociendo los riesgos y situaciones; es decir, tiene como tarea estimar la magnitud y distribución del problema presentado.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variables

Variable independiente, Estudio geomecánico:

Se define al comportamiento que tiene las fuerzas internas del macizo rocoso, lo cual hace un análisis de la litología estructural del mismo, para conocer las cualidades de la roca, como pueden ser las propiedades físicas, mecánicas y la resistencia que tiene antes un esfuerzo aplicado. Dichos datos obtenidos en campo y mediante la utilización de software permite el análisis de estabilidad (Valeriano, 2015).

Variable dependiente, Tipo de sostenimiento:

El sostenimiento para el autor Chura (2016) es usado cuando el tipo de roca no es de buena calidad y es inestable, lo cual produce desprendimiento de roca, y es un peligro para todos lo que puedan transcurrir por ahí, dependiendo de qué tan fracturada pueda estar la roca se utiliza un tipo de sostenimiento.

2.2.2. Operacionalización de variables.

2.2.2. Operacionalización de variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
ESTUDIO GEOMECÁNICO	GEOLOGÍA	Detallar la geología local y regional de la zona. Descripción de las eras geológicas y procesos de formación. Factores geológicos (condiciones climáticas)	Observación y análisis documental	Guía de análisis documental
	GEOMECÁNICA	Clasificaciones geomecánicas: Resistencia uniaxial de la matriz rocosa, grado de fracturación (RQD), espaciado de las discontinuidades, condiciones de las discontinuidades, orientación de las discontinuidades	Observación	Guía de observación de campo y laboratorio

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
TIPO DE SOSTENIMIENTO	FACTOR DE SEGURIDAD	Cuyo valor es el cociente entre la resistencia a corte disponible del terreno y la requerida para mantener el equilibrio. La superficie de falla es la superficie crítica a lo largo de la cual asumimos que va a producirse el deslizamiento del talud.	Observación y análisis documental	Guía de análisis documental
	SHOTCRETE	Consiste en hormigón proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla ayuda al soporte y el revestimiento en la construcción.		
	MALLAS METÁLICAS	Protección de la superficie del talud ante la erosión, también retención de las capas superficiales del terreno y contribuir materia orgánica en su descomposición.		
	ECONÓMICO	Evaluación de costos unitarios de las medidas de control propuesta.	Entrevista	Guía de entrevista

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población:

Son todas las unidades de investigación que requiere la naturaleza del problema, en el caso de la investigación estuvo constituido por los tramos de la carretera Trujillo-Otuzco, donde se llevó acabo el desarrollo del trabajo de investigación.

2.3.2. Muestra:

Para la elección de la muestra se trabajó el tipo de muestreo no probabilístico usando la técnica por conveniencia y lo constituyó los tramos comprendidos entre el km10+000 al km15+000. En la carretera Trujillo-Otuzco ubicado en la región de la Libertad, siendo los siguientes:

10+000 km.	al	10+500 km	➤ 500 m
10+500 km	al	11+000 km.	➤ 500 m
11+000 km	al	11+500 km.	➤ 500 m
11+500 km	al	12+250 km.	➤ 750 m
12+250 km	al	13+000 km.	➤ 750 m
13+000 km	al	13+ 350 km.	➤ 350 m
13+350 km	al	13+650 km	➤ 300 m
13+650 km	al	14+000 km.	➤ 350 m
14+000 km	al	14+500 km.	➤ 500 m
14+500 km	al	15+000 km.	➤ 500 m

Entre los criterios de selección inclusión y exclusión considerados en el trabajo de investigación son los siguientes:

- **Criterio de inclusión:**

- Que sean entre 4-5 km.
- Que presente el problema del trabajo de investigación.

- **Criterio de exclusión:**

- Tramos que no presenta el proyecto
- Tramo >15 y < 10

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas de recolección de datos:

En la recolección de datos en el trabajo de investigación se utilizó: técnicas documentales, observación y de entrevista.

2411. Técnica de investigación documental, permitió realizar análisis de cualquier información documental. Esta técnica es la que se utilizó en un primer instante, ya que es el empleo de información bibliográfica en la cual permitió identificar el problema y la construcción del marco teórico (Campos, 2015).

Se empleó citas textuales, del cual se utilizó el parafraseo el cual permitió ubicar a los autores obtenidos de repositorios y espacios realmente reconocidos.

- **Guía de análisis documental:** Basada en instrumentos que los autores requieren para llegar a la conclusión de algún objetivo, como este caso para determinar la calidad del macizo rocoso (Ver anexo N° 4).

2412. Técnica de campo: este tipo de técnica ayudó a obtener información partir de datos reales obtenidos en campo, teniendo contacto directo con el objeto de investigación.

2413. Técnica de observación directa: con este tipo de técnica se logró adquirir información directa de la zona, en la que se realizará el siguiente proyecto de investigación, carretera Trujillo - Otuzco km10+000 al km15+000, haciendo uso de guías de observación.

- **Guía de descripción geológica:** Esta guía se realizó para detallar la geología local y regional del lugar, dando los procesos de formación. También se toma en cuenta los factores geológicos.
- **Guía de observación de campo y laboratorio:** Permite describir los estudios realizados in situ, también estimar los parámetros de resistencia del macizo rocoso mediante ensayos de laboratorio de mecánica de rocas y al mismo tiempo, efectuar la clasificación geomecánica: resistencia uniaxial de la matriz rocosa, grado de fracturación (RQD), Espaciado de las discontinuidades, condiciones de las discontinuidades, orientación de las discontinuidades.

Estos métodos son los ensayos que se realizan en laboratorio, realizando la compresión uniaxial, compresión triaxial y tracción (Ver anexo N° 3).

2.4.14 Técnica de entrevista: se logró reunir información a especialistas en el tema de taludes, quienes, al contar con su experiencia sobre el tema de estudio, dieron el respaldo apoyando en contestar las preguntas formuladas.

- **Guía de entrevista:** este formato se tuvo como finalidad, entender los procedimientos y factores que producen el desprendimiento de roca en la carretera, para ello se planteó la entrevista a especialistas en lo que se relaciona a estabilidad de taludes en carreteras (Ver anexo N°5).

2.5. Procedimiento



Se basó principalmente en la descripción geológica de la zona, mediante la utilización de las guías de descripción de la zona de estudio, también se realizó la toma de datos de las diferentes discontinuidades que pueda presentar el macizo rocoso y se prosiguió a análisis de las diferentes muestras adquiridas con la ayuda de las guías de observación de campo y laboratorio.

2.6. Métodos de análisis de datos

Los métodos que se emplearon en el trabajo de investigación fueron el analítico sintético y el sistémico.

2.6.1. Método analítico:

Se utilizó para lograr entender y profundizar en el problema reconociendo sus causas en un estudio minucioso de todo lo que involucra las consecuencias.

2.6.2. Método sistémico:

Este método permitió establecer un orden en base a manejo de reglas que la propia investigación y tener una comprensión sistémica de la situación dada.

Y en relación al análisis de los diferentes datos que se obtuvieron, se hizo referencia al método de análisis de datos, pruebas de hipótesis y las técnicas de tratamiento estadístico mediante softwares fueron los pertenecientes al paquete Rocscience.

2.6.3. Método estadístico:

En cuanto al análisis de datos, se hará referencia al método de análisis de datos, pruebas de hipótesis y las técnicas de tratamiento estadístico basado en programa Excel 2016. El procesamiento de la información, permite ordenar, realizar gráficos en ciertos tipos de investigaciones e interpretar toda la información con base a los planteamientos teóricos, sustento del estudio realizado.

2.7. Aspectos éticos

De acuerdo a los principios establecidos por la Universidad y el fundamento de la investigación, los aspectos éticos que toma en cuenta en el trabajo de investigación son los siguientes:

- **Manejo de fuentes de consulta:** en el uso de fichas bibliográficas, por eso fue de suma importancia encontrar archivos donde se visualicen la fuente bibliográfica. De esta manera, se pudo diferenciar entre lo que el autor indica y lo que se interpreta.
- **Claridad en los objetivos de la investigación:** los objetivos que se plantearon para el buen desarrollo del trabajo fueron desde un inicio muy claro y entendible, de esta forma se evitó alterar datos e información ante el desarrollo del trabajo.
- **Transparencia de los datos obtenidos:** En el trabajo de investigación la realidad, se planteó sin alteración de datos para evitar confusiones, verificando que la

interpretación que se realizó no sea confundida con la otra realidad. Teniendo en cuenta los límites de investigación.

- **Confidencialidad:** en el trabajo de investigación fue necesario respetar el anonimato de los que no requieran la exposición de sus datos, protegiendo de esta manera y cumpliendo con este aspecto.
- **Profundidad en el desarrollo del tema:** la búsqueda de fuentes se realizó considerando investigaciones actuales, para así dominar mejor aún el tema de investigación.

III. RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrolla los datos obtenidos in situ, en la que se utilizó diferentes instrumentos de recolección de datos en relación a los objetivos establecidos.

Los resultados se presentan a través de tablas y gráficos con respectivo análisis.

3.1. Descripción de la geología local y regional de la zona.

Al describir la geología regional y local, permitió así diferenciar las rocas y las eras geológicas. Conociendo de manera detallada el tipo de roca existente en el lugar de estudio, mediante la utilización de software Arcgis.

3.1.1. Geología Regional

Regionalmente la zona estudiada se encuentra en la costa y sierra de los Departamentos de La Libertad. De Oeste a Este se distinguen tres unidades geomorfológicas (Cosio, 1967):

3.1.1.1. Pampas costaneras

Se desarrolla a manera de una faja paralela a la costa, desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada de 200 m., y presenta notables ensanchamientos en las porciones correspondientes a los valles. Este por las cadenas de cerros bajos de los primeros contrafuertes andinos. Tiene una superficie más o menos llana, en la que destacan algunos cerros y colinas redondeadas. Las pampas costaneras están constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos aluviales, dunas y mantos de arena (Cosio, 1967).

3.1.1.2. Flanco disectado de los Andes

Esta unidad se extiende entre las pampas costaneras y el borde altiplano, con altitudes que varían de 200 a 3,500 m. Está esculpida en rocas volcánicas y sedimentarias cuyas edades van desde el Jurásico superior hasta el Terciario inferior, y en rocas intrusivas del batolito andino. Se caracteriza por su fuerte pendiente y por estar intensamente disectado por numerosos valles profundos que corren generalmente de Noreste a Sudoeste. Todos los valles son jóvenes con sección transversal en "V", pisos estrechos y fuerte gradiente; sólo en sus tramos inferiores, correspondientes a las pampas costaneras, adquieren gran amplitud y sus cauces tienen gradientes moderados (Cosio, 1967).

Se observa en la zona norte y oeste del área de Salpo donde se caracteriza por la fuerte gradiente con un relieve accidentado y pronunciado, causada por la disección del sistema hidrológico del río Moche, río Chanchacap y río Huaylas., originando pendientes de 50% a más de 70%, es decir pertenece a la formación de montaña de fuerte pendiente y topografía abrupta.

3.1.1.3. Puna

Se desarrolla en las zonas orientales de los cuadrángulos de Otuzco y Salaverry, aproximadamente desde los 3,500 m. de altitud. Se caracteriza por su topografía suave, más o menos ondulada, donde existen algunas elevaciones y cadenas de cerros con formas típicas de modelado glaciar. Dentro de esta unidad se aprecian profundos cañones esculpidos por los principales ríos de la región (Cosio, 1967). Se le considera a esta superficie como equivalente a la superficie Puna de Mc Laughlín (1925).

3.1.1.2. Estratigrafía regional

La columna estratigráfica regional en los cuadrángulos comprende una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas que en edad van desde el Jurásico superior hasta el Cuaternario reciente.

JURASICO SUPERIOR

• Formación Chicama

La formación Chicama está representada por gruesos paquetes de lutitas de color negro, gris negruzco, gris verdoso y rojizo, algunas veces carbonosas y fosilíferas; ocasionalmente son nodulares y fisibles, presentando en algunos lugares marcada laminación. Las lutitas se hallan intercaladas con lechos delgados de cuarcita gris blanquecina, arenisca friable de colores pardo y marrón, de grano grueso a medio subredondeado. y escasos bancos de tufos de naturaleza intermedia hasta de 15 m de grosor. El conjunto se presenta cortado por diques y sills de andesita y diabasa, así como por pequeños cuerpos de granodiorita y diorita a biotita de grano fino (Cosio, 1967).

El espesor estimado para la formación Chicama es mayor de 500 m (Cosio, 1967).

Relaciones estratigráficas. - En el área de Otuzco la formación Chicama (Titoniano) infrayace concordantemente a las areniscas Chimú (Valanginiano inferior) (Cosio, 1967).

CRETÁCEO INFERIOR

- **Grupo Goyllarisquisga, Formación Chimú**

La formación Chimú representa los horizontes inferiores del Cretáceo, se expone principalmente en el sector nororiental del cuadrángulo de Otuzco, donde se ubica la localidad típica (Baños Chimú). Regionalmente la formación Chimú está constituida por paquetes generalmente gruesos de areniscas y cuarcitas blancas, grises hasta pardas, de grano fino a grueso y formas subredondeadas, con intercalaciones de lutitas pizarrosas de estratificación delgada y colores generalmente oscuros.

- **Formación Santa**

Se compone de una serie interestratificada de lutitas negras a gris oscuras y calizas arcillosas negras, que pasan hacia la parte superior a lutitas oscuras con intercalaciones de limolitas y ocasionalmente capas de caliza, todo con un espesor promedio de 100 m

- **Formación Carhuaz**

Está constituida por una gruesa secuencia de lutitas arenosas pardo rojizas, estratificadas en lechos delgados; contienen intercalaciones de limonitas marrón rojizo en capas gruesas y medianas, y lechos de cuarcitas pardo grisáceas con tonos rojizos; los niveles inferiores se presentan ocasionales capas delgadas de calizas negras de grano fino, los espesores son de 500 metros (Cosio, 1967).

- **Formación Farrat**

Consiste principalmente de cuarcitas blancas y grises de grano grueso y mediano, estratificadas en bancos gruesos, algunos de ellos con estratificación cruzada, con intercalaciones de lechos de areniscas cuarzosas de color gris y grano medio; lutitas negras y gris oscuras, algunas veces micáceas, con restos de plantas, limolitas gris parduscas estratificados en capas medianas; ocasionalmente existen lechos delgados de arenisca blanca conglomerádica y

conglomerados con rodados subredondeados de cuarcitas; los espesores son de 242 a 245 metros (Cossio, 1967).

CRETÁCEO SUPERIOR

- **Grupo Casma**

Descrito por Trottereau (1963) en los cuadrángulos de Casma y Chimbote como una secuencia mixta volcánico (subacuático) – sedimentaria. Aflora al oeste del Batolito Costanero como una secuencia de piroclásticos, derrames andesíticos y riolíticos que alcanzan un espesor de 1600 metros en el valle de Virú (Cossio, 1967).

Entre los valles de Virú y Santa, tiene una longitud de 60 km y su ancho máximo es de 25 km; este afloramiento consiste de metavolcánicos oscuros de naturaleza andesítica y dacítica, cortados por numerosos diques de microdiorita, andesita y algunos de aplita (Cossio, 1967).

TERCIARIO INFERIOR

- **EOCENO – MIOCENO: Grupo Calipuy**

Descrito por Cossio (1964) como el volcanismo que representa al magmatismo efusivo que siguió al emplazamiento del Batolito Costanero, originalmente fue considerada como una formación y luego elevado a la categoría de Grupo por Wilson, J. Su localidad típica es la Hacienda Calipuy, sierra de la Libertad, y se extiende hacia el sur hasta el NE de Lima y al norte hasta Lambayeque, Piura y Cajamarca.

El afloramiento de estos volcánicos cubre una extensa parte de los cuadrángulos de Otuzco y Salaverry.

En el cuadrángulo de Otuzco está compuesto, litológicamente, en su parte inferior por derrames andesíticos y dacíticos muy alterados, de colores gris y rojizo, textura porfirítica, estratificados en bancos gruesos y medianos; se intercalan con lutitas arenosas, y lechos de aglomerados marrón violáceos. La parte superior consiste de derrames dacíticos de textura porfirítica, aglomerados de naturaleza dacítica, latítica, cuarzolática y tobas riolíticas y dacíticas blanco amarillento; todos ellos estratificados en bancos gruesos que muestran cierta lenticularidad; tiene un grosor mayor de 1450 metros (Cossio, 1967). Ver anexo N° 5.

Tabla N° 1. Columna estratigráfica regional

SISTEMA	SERIE	ROCAS INTRUSIVAS	ESTRATIGRAFIA	Espesor	Rocas Sedimentarias Volcánicas y Metamórficas	Yacimientos y Metalotectos
CUATERNARIO	Reciente		Depositos aluviales Depositos fluviales	0-140 m		
TERCIARIO	Plioceno	Batolito de la Cordillera Blanca	Formación Pliocénica	50-100 m	Ignimbritas de tufos de pómez y líticos	Pasto Bueno, Tamboras, Mundo Nuevo, La Victoria
	Mioceno		Superior		Tobas ácidas a intermedias intercalaciones de lavas	Veta Salpo, Quiruvilca Machacala, Urumalqui Yanacocha, Tres Cruces
	Eoceno		Inferior	> 1000 m	Lavas intermedias a acidas intercalaciones de tobas	Veta Milluachaqui
	Paleoceno					
		Batolito de la Costa				
CRETACEO	Superior					
	Medio		Grupo Casma	Fm. Pariatambo 150-200 m Fm. Chulec 200-250 m	Lavas andesíticas y volcánicas Calizas, lutitas y areniscas calcáreas	
	Inferior		Grupo Gollaynisquizga	Fm. Farrat 500 m Fm. Carhuaz 500 m Fm. Santa 100-150 m Fm. Chimú 80-600 m	Cuarcitas arenosas blancas con intercalaciones de lutitas Cuarcitas arenosas rojizas y grises, areniscas y limolitas grises Calizas oscuras, limolitas Cuarcitas arenosas blancas, areniscas y limolitas	Shahuindo, Sayapullo, Igor La Virgen, La Arena, Alto Chicama, Comansa
JURASICO	Superior		Formación Chicama	800 - 1000 m	Lutitas friables, limoargilitas, pizarras y areniscas.	

Fuente: Geocatmin.

3.1.2. Geología Local

Las rocas sedimentarias e ígneas que afloran en la región estudiada, especialmente las del área de Otuzco, están afectadas por fallas tanto de tipo inverso como normal. El fallamiento inverso es el más importante generalmente se inclinan hacia el SW, coincidiendo con la asimetría de los pliegues, lo cual nos sugiere que la orientación de los esfuerzos compresivos, en esta parte de la región, ha sido de Suroeste a Noreste. Las fallas de tipo normal tienen rumbo variable entre N 30° - 40° E y afectan tanto a pliegues como a las fallas inversas causándoles desplazamientos, lo que indica que las fallas normales son más jóvenes que las inversas.

A continuación, se describen las fallas más importantes relevadas en el área.

3.1.2.1. Fallas Longitudinales

Falla Caña Brava.- Es una falla inversa de alto ángulo situada en el sector más nororiental del cuadrángulo de Otuzco. Su traza es bastante sinuosa, entra de la hoja adyacente de Cajabamba por las inmediaciones del caserío de Chiquibriday con rumbo N 40W, con esta dirección sigue hasta la parte baja del pueblo de Huayday donde se inflexiona a N 70 W hasta la quebrada Paucas, a partir de este punto se orienta sensiblemente hacia el Oeste, hasta perderse en los pliegues isoclinales formados en las lutitas Chicama.

En la mayor parte de su recorrido esta falla sobrepone las areniscas y cuarcitas Chimú del bloque meridional, a las lutitas y limolitas Santa-Carhuaz del bloque septentrional. Su componente vertical aumenta en dirección Oeste, pues en las vecindades del cerro Pilcai troza el flanco meridional del anticlinal Loma Alta, haciendo que las lutitas del Jurásico superior descansen sobre las formaciones Chimú, Santa y Carhuaz del Cretáceo inferior.

Falla Huayday.- Es otra falla longitudinal de tipo inverso y alto ángulo. Su traza de rumbo promedio N 60 W semeja un arco ligeramente convexo hacia el Noreste; se le reconoce por cerca de 14 km. entre la localidad de Shilcar y el lado sur del cerro Pilcai.

Esta falla corta el flanco meridional del sinclinal Huayday poniendo en contacto tectónico las formaciones Chimú, Santa y Carhuaz del bloque levantado, con las cuarcitas del lado hundido.

Falla Huayo. - Al SW del sinclinal Cerro Grande se desarrolla una estructura que puede asimilarse a un anticlinal fallado, sin embargo, en el presente informe la discutimos como falla en razón de la discontinuidad de los estratos, existencia de pliegues y arrastre y a zonas de brechación.

La falla tiene rumbo N 55 W, es de tipo inverso y de alto ángulo, se le reconoce claramente por una distancia de 10 km. entre la hacienda Guayabamba y Cerro Quellis, a partir de este punto su rumbo cambia hacia el Oeste hasta la hacienda Las Palmas donde termina con los repliegues de las formaciones Santa y Carhuaz. En este último tramo está afectada por fallas transversales de tipo normal, siendo la principal la falla Cormot.

En el cerro Grande las ortocuarcitas Chimú que constituyen el núcleo del pliegue han sido dislocadas de modo que las capas del lado suroccidental se superponen a las del flanco nororiental.

Fallas Callancas y Husco.- Estas fallas tienen características similares, sus trazas son líneas sinuosas que guardan un grosero paralelismo, tienen rumbo promedio SE-NW y planos de resbalamiento inclinados al Sur. Son estructuras sintectónicas que han producido cabalgamientos de las cuarcitas Chimú sobre las lutitas y limolitas de las formaciones Santa y Carhuaz, tal como se observa en los cerros Alto de Santa Cruz y Arco Pequeño.

Fallas del área de Sausal.- En el flanco derecho del valle Chicama entre las localidades de Sausal y Pampas de Jaguay, existe un sistema de fallas de tipo inverso de rumbo promedio N 50 W.

Estas fallas se reconocen por distancias de 2 a 5 km., afectan a rocas de las formaciones Chimú y Santa Carhuaz y en la generalidad de los casos el bloque levantado corresponde al lado suroccidental.

3.1.2.2. Fallas transversales

Falla Cormot.- Esta estructura queda en el cuadrángulo de Otuzco y se le reconoce por cerca de 20 km., entre el caserío de Chugur y el cerro Cauday al Oeste de Lucma.

Es una falla de tipo normal de rumbo promedio N 35 E y ángulo cercano a la vertical. Su tramo meridional sigue el curso de las quebradas Pachín y Lucma, prolongándose hacia el Noreste por los cerros Chatón y Cauday hasta las

cabeceras de la quebrada de las Paucas, donde termina con un stock granodiorítico. La falla Cormot tiene al bloque oriental hundido y en su trayecto secciona pliegues y fallas longitudinales.

No se ha determinado el salto de esta falla, pero considerando el pequeño desplazamiento horizontal que ha producido en los pliegues y fallas inversas, suponemos que sea del orden de los 100 m.

Fallas del área de Lucma.- En los alrededores del pueblo de Lucma y en ambos flancos del anticlinal del mismo nombre, se observan numerosas fallas normales de pequeño salto que han originado el fracturamiento de las cuarcitas Chimú. Estas fallas son subverticales y sus rumbos varían entre N 35° y 45° E, en la mayoría de los casos el bloque hundido es el noroccidental. Las fallas han producido numerosos bloques dislocados que dificultan el reconocimiento y explotación de los mantos de carbón existentes en la Fonnación Chimú.

3.1.2.3. Manifestaciones de movimientos epirogénicos

La existencia de terrazas marinas escalonadas y de cordones litorales emergidos en ciertos lugares de litoral, como en Puerto Chicama, Balneario, El Milagro, Punta Gorda, Chao, etc., indican movimientos epirogénicos acaecidos durante el Cuaternario. Por la escasa diferencia vertical que existe entre las tenazas, se infiere que las etapas de levantamiento fueron de corta duración, alternándose con períodos de tranquilidad.

Otra evidencia de dichos movimientos es la presencia de terrazas fluviales a lo largo de los valles, algunas ellas quedan colgadas en sus flancos a diferentes alturas sobre el lecho actual.

3.1.3. Factores y peligros hidrometereológicos

Los fenómenos existentes en la zona son de tipo geológicos o hidrometereológicos que pueden desencadenar o intensificar un deslizamiento de roca. Incluye como factores naturales las características del terreno, condiciones climáticas especialmente en los meses con intensa precipitación pluvial, también la actividad sísmica ya que dicha zona 3 se caracteriza por haber sufrido la ocurrencia de fuertes movimientos sísmicos y muchas la actividad humana en la mala construcción de carreteras; todo esto conlleva muchas veces a accidentes y pérdidas de vida y para los trabajos de recuperación de las diferentes zonas afectadas son muy costosas

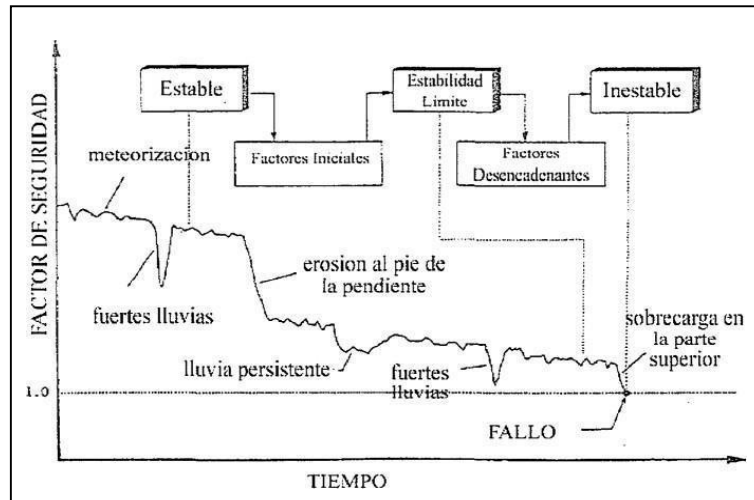


Gráfico N° 4. Evolución del factor de seguridad- tiempo, a causa de diversos factores.

Fuente: Mecanismos de falla

Se observa que el tipo de material del terreno, influye ante algún deslizamiento, tomando en cuenta también los factores que producen en conjunto el deslizamiento de rocas. Ver anexo N° 6.

3.1.3.1. Efecto del Fenómeno Del Niño Costero

La región de Trujillo está ligada a sismos, intensas lluvias; así como también a factores condicionantes como la morfología, pendiente, tipo de material, sustrato muy meteorizado y la presencia de depósitos eólicos en laderas de los cerros.

El factor que fue detonante en la generación de inundaciones, erosión fluvial, flujos fueron las intensas lluvias asociadas en el evento del Niño Costero. Los factores condicionantes generales fueron: la morfología, material de remoción en masa antiguo susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa, sustrato de mala calidad (muy meteorizado) y presencia de depósitos eólicos en las laderas de los cerros. Ver anexo N° 7.

Ante este fenómeno se vieron afectados muchos centros poblados a causa de bloqueo de carreteras, inundaciones y pérdida de sus campos de cultivo; pero en la zona de estudio predomina el deslizamiento de rocas producidos en los diversos sectores de La Libertad.

Tabla N° 2. Centros poblados afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017 en la región

Tipo de peligro	Sector/Poblado Distrito/Provincia (Código)	Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Inundación fluvial	Hda. Buena Vista Chao/Virú (42051)	Depósitos fluviales conformados principalmente por material fino (arenas y limos) y clastos de rocas sedimentarias e intrusivas, terreno con pendiente baja a casi nula y cubierta vegetal abundante (cultivos y herbáceos). Las precipitaciones pluviales intensas generaron la colmatación del río Cerro Blanco, produciéndose el desborde del mismo.	Daños en áreas de cultivo, bloqueo de carretera y daños a viviendas (casas inundadas y erosionadas por las aguas del río).	Reubicación de las viviendas afectadas, rehabilitación de la carretera, construcción de obras de defensa ribereña o enrocada en el punto de origen del desborde.
	La Huaca Virú/ Virú (42052)	Terrazas aluviales conformadas por clastos de rocas sedimentarias e intrusivas, terreno de baja pendiente, con presencia de abundante vegetación (cultivos). Las precipitaciones pluviales intensas generaron la colmatación del río Virú, produciéndose el desborde del mismo.	Obstrucción de carretera, destrucción de canal de regadío, daños a viviendas y áreas de cultivo	Rehabilitación de la vía, reconstrucción del canal y construcción de obras de defensa ribereña o enrocada en el punto de origen del desborde.
	San Juan Virú/Virú (42053)	Depósitos fluviales y aluviales conformados por clastos de rocas intrusivas y sedimentarias, valle fluvial de baja pendiente, con presencia de regular vegetación (cultivos y arbustos). Las precipitaciones pluviales intensas generaron la colmatación del río Virú, produciéndose el desborde del mismo.	Carretera bloqueada, viviendas destruidas y áreas de cultivo cubiertas por material desplazado por el río	Reubicación de viviendas afectadas, construcción de obras de defensa ribereña con material resistente a la erosión.
	La Alameda Virú/Virú (42054)	Depósitos fluviales y aluviales conformados por clastos de rocas intrusivas y sedimentarias y material fino (arenas y limos), valle fluvial de baja pendiente, con presencia de regular vegetación (cultivos y arbustos). Las precipitaciones pluviales intensas generaron la colmatación del río Virú, produciéndose el desborde del	Trocha carrozable bloqueada, viviendas inundadas y áreas de cultivo erosionadas por el desborde del río.	Reubicación de viviendas afectadas, reforzamiento del enrocado en márgenes del río donde se produjo el desborde.

Saraque Virú/Virú (42060)	Depósitos eólicos en valle de baja pendiente y abundantes áreas de cultivo. Lluvias intensas generaron acumulación de agua en las partes altas que al tener contacto con los depósitos eólicos generaron flujos de arena que erosionan su cauce y podrían arrastrar desechos del relleno sanitario ubicado junto a la ladera.	Viviendas y áreas de cultivo cubiertas por arena y gravas, probable propagación de focos infecciosos por la presencia de relleno sanitario junto a la quebrada.	Reubicación de viviendas y del relleno sanitario.
Cruz Blanca Simbal/Trujillo (42061)	Substrato rocoso conformado por rocas sedimentarias fracturadas y material coluvial, terreno con pendiente moderada y regular vegetación (herbáceos y arbustos). Lluvias intensas generaron activación de quebradas secundarias, produciéndose huaicos en la quebrada principal.	Bloqueo de trocha carrozable, viviendas destruidas, probabilidad de afectar áreas de cultivo y canal de regadío.	Reubicación de viviendas, rehabilitación de la vía y canalización del cauce de la quebrada.
Hda. Puente Larco Simbal/Trujillo (42062)	Substrato rocoso conformado por rocas sedimentarias fracturadas y material coluvial, terreno con pendiente moderada y regular vegetación (herbáceos). Lluvias intensas generaron la activación de quebradas, produciéndose flujos de detritos en la quebrada principal.	Bloqueo de carretera y daños en vivienda.	Reubicación de vivienda, canalización del cauce de la quebrada, construcción de badén.
La Cuesta La Cuesta/ Otuzco (42063)	Substrato conformado por rocas intrusivas y material fino (arenas y limos), terreno de pendiente moderada, regular vegetación (herbáceos y arbustos). Lluvias intensas generaron la activación de quebradas, acumulándose y discurriendo flujos de detritos en la quebrada principal; cubrió loza deportiva y algunas viviendas.	Daños en viviendas, loza deportiva destruida, bloqueo de trocha carrozable y posibles daños a colegio ubicado en la margen izquierda de la quebrada.	Reubicación de vivienda, canalización y limpieza del cauce, construcción de badén y canales u obras de drenaje.
Miñate Poroto/ Otuzco (42064)	Substrato conformado por rocas intrusivas y depósitos coluviales, ladera de pendiente moderada a fuerte, regular vegetación (herbáceos). Lluvias intensas activaron quebradas, las que acumularon material y discurrieron en forma de flujos de detritos.	Daños en viviendas, bloqueo de carretera, posibles daños en postes de cableado eléctrico.	Reubicación de viviendas afectadas, canalización y limpieza del cauce, construcción de badén y desquinche de rocas sobresalientes.
Platanal Salpo / Otuzco (42065)	Substrato conformado por rocas intrusivas muy fracturadas, ladera de pendiente moderada a fuerte, regular vegetación (herbáceos). Precipitaciones pluviales intensas activaron quebradas, discurriendo como flujos de detritos.	Daños en viviendas, áreas de cultivo, bloqueo de carretera, posibles daños en viviendas ubicadas al pie de ladera.	Reubicación de viviendas, canalización y limpieza del cauce, construcción de badén y obras de drenaje.

		mismo.		
	Calunga Virú/Virú (42055)	Depósitos aluviales, con acumulación de grava, arena limo y arcilla, transportados por los cauces de ríos y quebradas, terreno de baja pendiente y abundante vegetación (cultivos). Las precipitaciones pluviales intensas generaron la colmatación del río Virú, produciéndose el desborde del mismo.	Vivienda (hotel) destruida y áreas de cultivo cubiertas por material fino (arenas y limos). Foto 30.	Reubicar vivienda afectada, construcción de obras de defensa ribereña o enrocada en márgenes del río donde se produjo el desborde.
	Pedregal Simbal/Trujillo (42056)	Depósitos fluviales y aluviales formando terrazas de baja pendiente, con presencia de regular vegetación (cultivos y arbustos). Las precipitaciones pluviales intensas generaron la colmatación del río La Cuesta, produciéndose el desborde del mismo.	Bloqueo de camino rural, inundación de viviendas, destrucción de tuberías de agua potable.	Reubicar la vivienda afectada, reforzar el enrocado en márgenes del río donde se produjo el desborde, posibilidad de reubicar viviendas.
	Simbal Simbal/ Trujillo (42057)	Depósitos fluviales y aluviales conformados por clastos de rocas sedimentarias e intrusivas, valle fluvial de baja pendiente, con presencia de vegetación (cultivos). La activación de la quebrada generó flujos de detritos que discurrió sobre un antiguo abanico, ocasionando daños en viviendas, tuberías de agua y posiblemente cultivos.	Afectó viviendas, un restaurante campestre, tuberías de agua potable y posiblemente áreas de cultivo ubicados aguas arriba.	Reubicación de viviendas y tuberías, construcción de defensas ribereñas y canalizar el cauce del río.
Flujos (huaicos, de lodo u otros)	Los Pinos Chao/Virú (42058)	Depósitos fluviales conformados por clastos de rocas sedimentarias e intrusivas y material fino (arenas y limos), terrazas aluviales de baja pendiente, con presencia de abundante vegetación (cultivos y herbáceos). La activación de la quebrada generó flujos de detritos que discurrió sobre un antiguo abanico.	Cultivos erosionados, viviendas y granjas afectadas.	Reubicación de viviendas y granjas, construcción de defensa ribereña con material resistente a la erosión. No utilizar material arrastrado por el río).
	Turbinzal Chao/ Virú (42059)	Depósito aluvial conformado por clastos de rocas sedimentarias e intrusivas y material fino (arenas y limos), valle de baja pendiente, con escasa vegetación (arbustos). La activación de la quebrada generó flujos de detritos que discurrió sobre un antiguo abanico.	Cultivos erosionados, viviendas afectadas y bloqueo de trocha carrozable.	Reubicación de viviendas afectadas, canalizar el cauce de la quebrada.

	Plaza Pampa-Paday Salpo/ Otuzco (42066)	Substrato conformado por rocas intrusivas fracturadas y alteradas, ladera de pendiente moderada a fuerte, regular vegetación (herbáceos). Las precipitaciones pluviales ocasionaron el debilitamiento y caída de rocas discurriendo en forma de flujos de detritos que podrían llegar a afectar a las viviendas que se encuentran al pie de la ladera.	Bloqueo de carretera y posibles daños en viviendas y áreas de cultivo.	Posibilidad de reubicar viviendas encontradas al pie de la ladera, canalización y limpieza del cauce, construcción de badén y obras de filtración de agua.
Erosión fluvial	Otuzco Otuzco/Otuzco (42067)	Depósitos fluviales y aluviales y material fino (arenas y limos), valle fluvial de baja pendiente, escasa vegetación (herbáceos). Las precipitaciones pluviales intensas generaron la crecida del río Pollo, provocando la erosión de sus márgenes.	Una vivienda destruida, con la posibilidad de afectar un sector más grande.	Reubicar la vivienda afectada, limpieza del cauce, construcción de obras de defensa ribereña o realizar trabajos de enrocado en las márgenes del río.
Deslizamientos, caída de rocas u otros	Plaza Pampa Salpo/Otuzco (42068)	Substrato conformado por rocas intrusivas fracturadas y depósitos coluviales antiguos, ladera de pendiente moderada a fuerte, regular vegetación (herbáceos). Las precipitaciones pluviales intensas sobresaturaron el terreno, esto junto a la mala calidad del macizo rocoso (fracturado y alterado) provocaron el debilitamiento y el desprendimiento de material, pudiéndose observar agrietamientos en la parte superior de la zona deslizada.	Bloqueo de carretera, daños en viviendas y posibles daños en áreas de cultivo.	Reubicar las viviendas afectadas, rehabilitar la vía realizando la remoción del material deslizado.

Fuente: INGEMMET

3.2. Toma de datos en la zona con respecto del buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades.

Para el desarrollo de este objetivo se utilizó una brújula en donde los datos tomados fueron con respecto al buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades del talud, comprendiendo del km 10+000 al km 15+000, en donde se dividió en 10 estaciones geomecánicas de los 5 km de estudio, con distancias variantes de 300-750 m. con el único fin de hacer un estudio detallado de las diferentes características y análisis de las fallas existentes. Ver anexo N° 8.

Se detalla los datos obtenidos in situ, en la siguiente tabla:

Tabla N° 3. Tramos de la zona de estudio.

N° ESTACIÓN	TRAMO INICIAL	COORDENADAS WGS 84		AL TRAMO FINAL	COORDENADAS WGS 84		DISTANCIA
		ESTE	NORTE		ESTE	NORTE	
1	10+000 km.	759421	9117586	10+500 km.	759326	9117596	500 m
2	10+500 km.	759326	9117596	11+000 km.	759229	9117593	500 m
3	11+000 km.	759229	9117593	11+500 km.	759229	9117593	500 m
4	11+500 km.	759229	9117593	12+250 km.	759050	9117553	750 m
5	12+250 km.	759050	9117553	13+000 km.	758875	9117420	750 m
6	13+000 km.	758875	9117420	13+ 350 km.	758716	9117362	350 m
7	13+350 km.	758716	9117362	13+650 km.	758541	9117252	300 m
8	13+650 km.	758541	9117252	14+000 km.	758453	9117184	350 m
9	14+000 km.	758453	9117184	14+500 km.	758226	9117213	500 m
10	14+500 km.	758226	9117213	15+000 km.	758070	9117322	500 m

Fuente: elaboración propia.

Por cada estación geomecánica, se tomaron datos, en donde hay más datos las zonas que se evidenció más fallas que otras, ante esto se permitió detallar el o los tipos de familias de discontinuidades que pueda presentar, esto se obtuvo al ingresar al software Dips (6.008) el que pertenece al paquete de Rocscience.

El buzamiento (B) y la dirección de buzamiento (DB) se ingresó al Dips a través de una vista cuadrícula (hoja de cálculo) de cada estación geomecanica, en dónde se desarrolló:

- **Trazado de polos:** es la más básica representación de los diferentes datos que se han obtenido in situ siendo estos B y DB, estos puntos marcados en estereografía, correspondiendo a la orientación de cada dato.
- **Trazado de contornos:** siendo este la herramienta principal para el análisis de las concentraciones mayores de polos, identificando las familias de discontinuidades a través de un rango de colores que presenta estadísticamente; a mas concentraciones de polos, más es la intensidad de color (rojo).
- **Trazado de planos principales:** esta opción de trazado permite visualizar el plano en una estereografía limpia, sin activación de polos o contornos, se demuestra una leyenda en donde existe una lista de orientaciones de los planos.
- **Trazado de rossetas:** es una técnica que representa las orientaciones de familia en un plano.

En los tramos con mayor análisis, se detalló que 3 son las zonas que presentaba mayor desprendimiento de roca, en lo que se representó a través de los trazados antes ya descritos con el software Dips, se observa en las siguientes hojas el análisis de estos.

Tabla N° 4. Tramos en donde existe desprendimiento de roca

TRAMO	ESTACIÓN GEOMECÁNICA
13+000 km - 13+350 km	EG-06
13+350 km - 13+650 km	EG-07
13+650 km - 14+000 km	EG-08

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 5. Vista cuadrícula de los datos de campo:
EG - 06: 13+000 km - 13+350 km

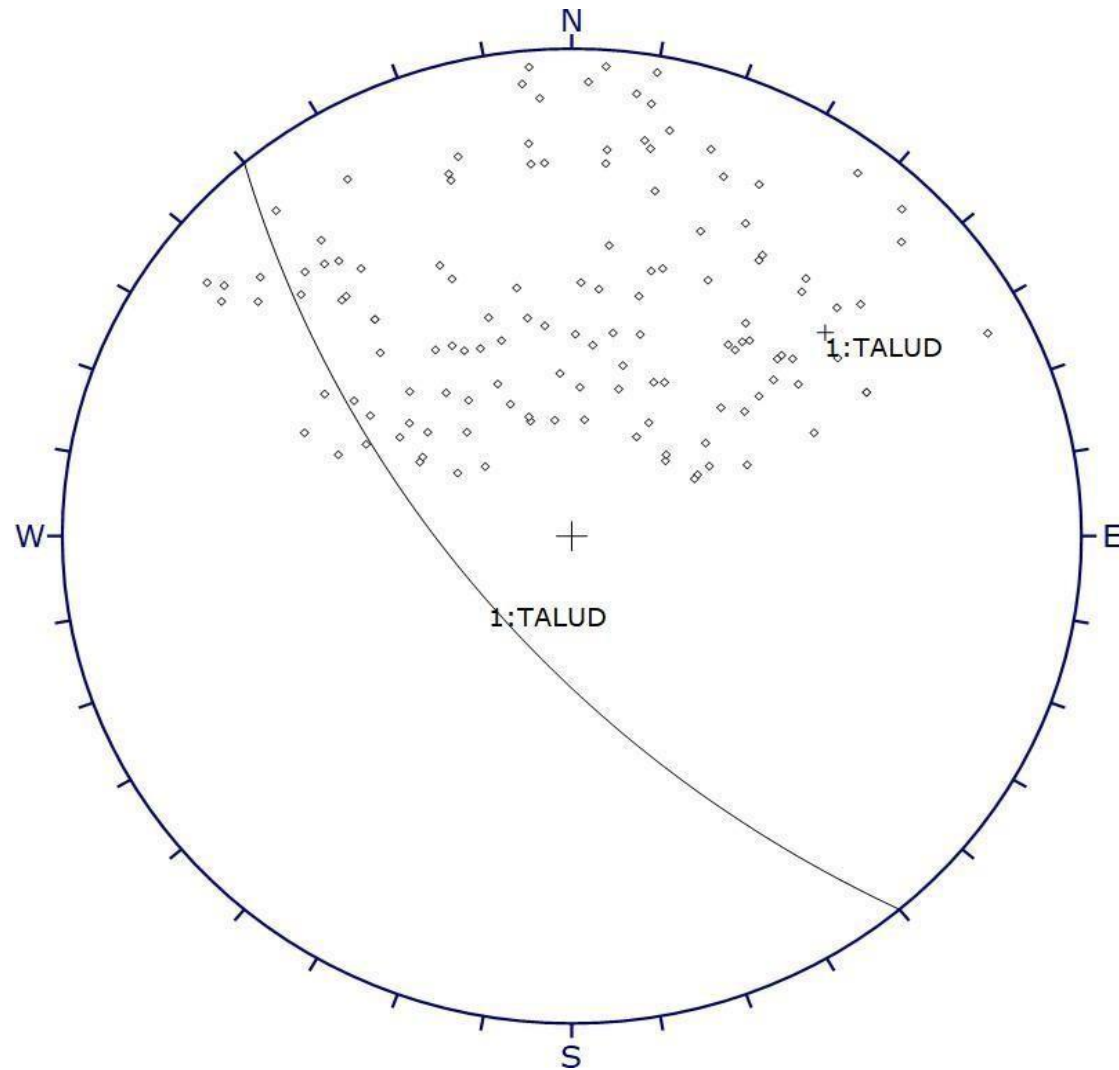
ID	Dip	Dip Direction
1	88	175
2	80	125
3	70	221
4	28	161
5	34	183
6	31	213
7	51	160
8	62	187
9	63	155
10	55	168
11	88	190
12	86	182
13	61	207
14	45	181
15	78	191
16	47	198
17	83	227
18	50	232
19	43	126
20	57	228
21	68	202
22	81	149
23	84	190
24	37	119
25	78	207
26	47	173
27	33	156
28	50	122
29	75	174
30	59	121
31	54	195
32	52	110
33	35	197
34	47	133

ID	Dip	Dip Direction
35	47	151
36	75	162
37	76	162
38	46	155
39	78	131
40	61	139
41	75	176
42	67	138
43	38	144
44	33	136
45	73	230
46	77	202
47	54	231
48	49	169
49	42	140
50	36	234
51	88	184
52	55	182
53	66	243
54	74	136
55	60	156
56	68	213
57	27	186
58	31	243
59	72	133
60	54	186
61	39	127
62	46	191
63	80	199
64	55	220
65	85	243
66	59	112
67	53	218
68	58	218

ID	Dip	Dip Direction
69	39	207
70	40	196
71	56	221
72	37	117
73	54	123
74	83	139
75	83	126
76	69	143
77	72	208
78	70	228
79	53	220
80	40	210
81	61	139
82	67	137
83	75	185
84	43	121
85	43	228
86	86	217
87	27	230
88	59	196
89	72	193
90	69	213
91	73	139
92	76	128
93	57	235
94	65	235
95	84	176
96	46	161
97	27	172
98	25	130
99	66	243
100	30	244
101	86	174
102	49	149

ID	Dip	Dip Direction
103	46	233
104	56	135
105	34	242
106	58	228
107	41	247
108	81	127
109	77	185
110	27	212
111	78	164
112	78	174
113	79	190
114	81	193
115	59	230
116	86	224
117	48	115
118	76	141
119	38	155
120	55	246
121	50	145
122	60	198
123	37	176
124	72	141
125	43	186
126	29	120
127	29	161
128	28	228
129	85	188
130	68	222

Fuente: Software Dips - elaboración propia.

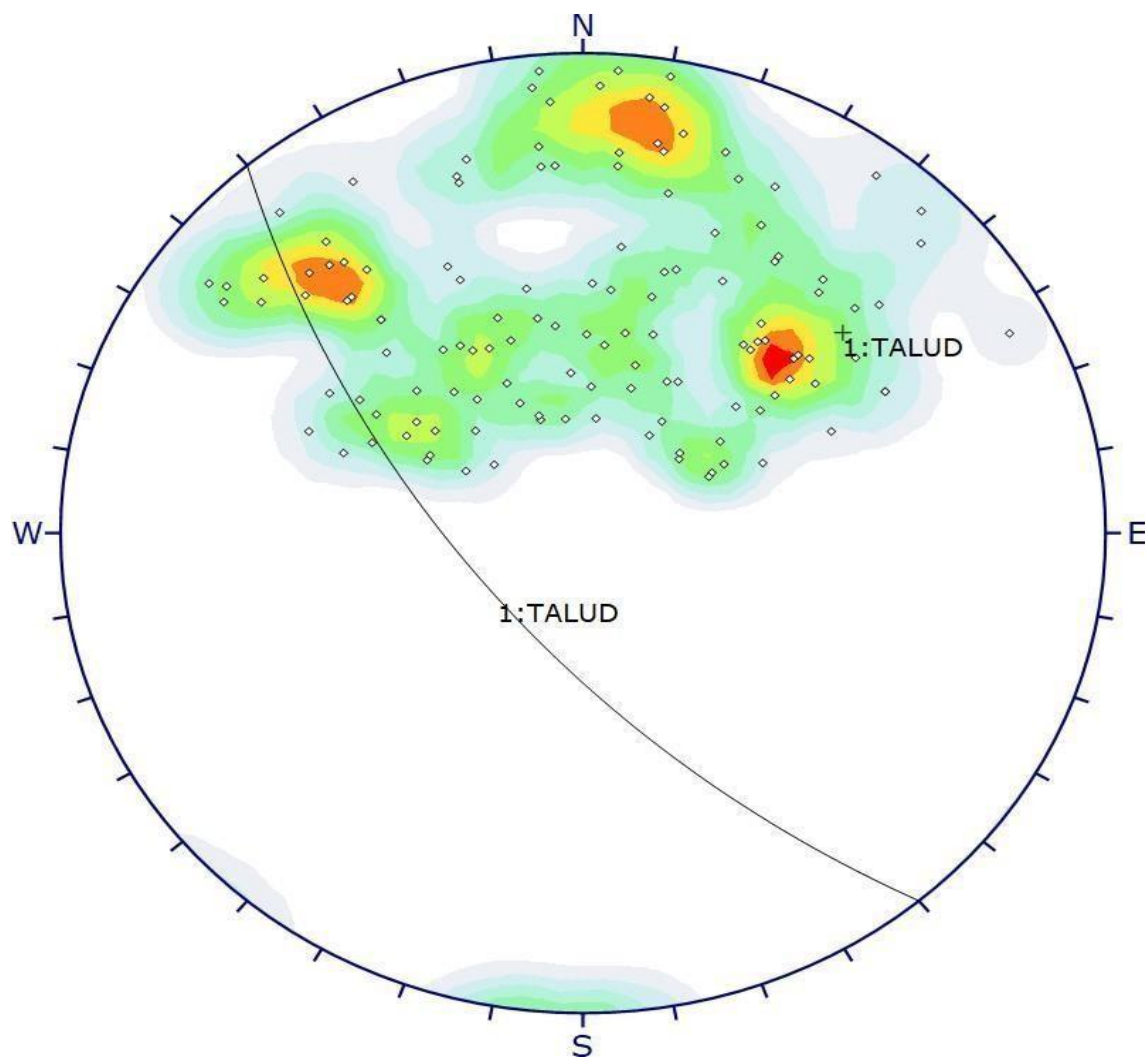


Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	130 (130 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Los polos o puntos que se visualizan en la estereografía, pertenece a la orientación de los datos insertados en el software.

Gráfico N° 5. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 06
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

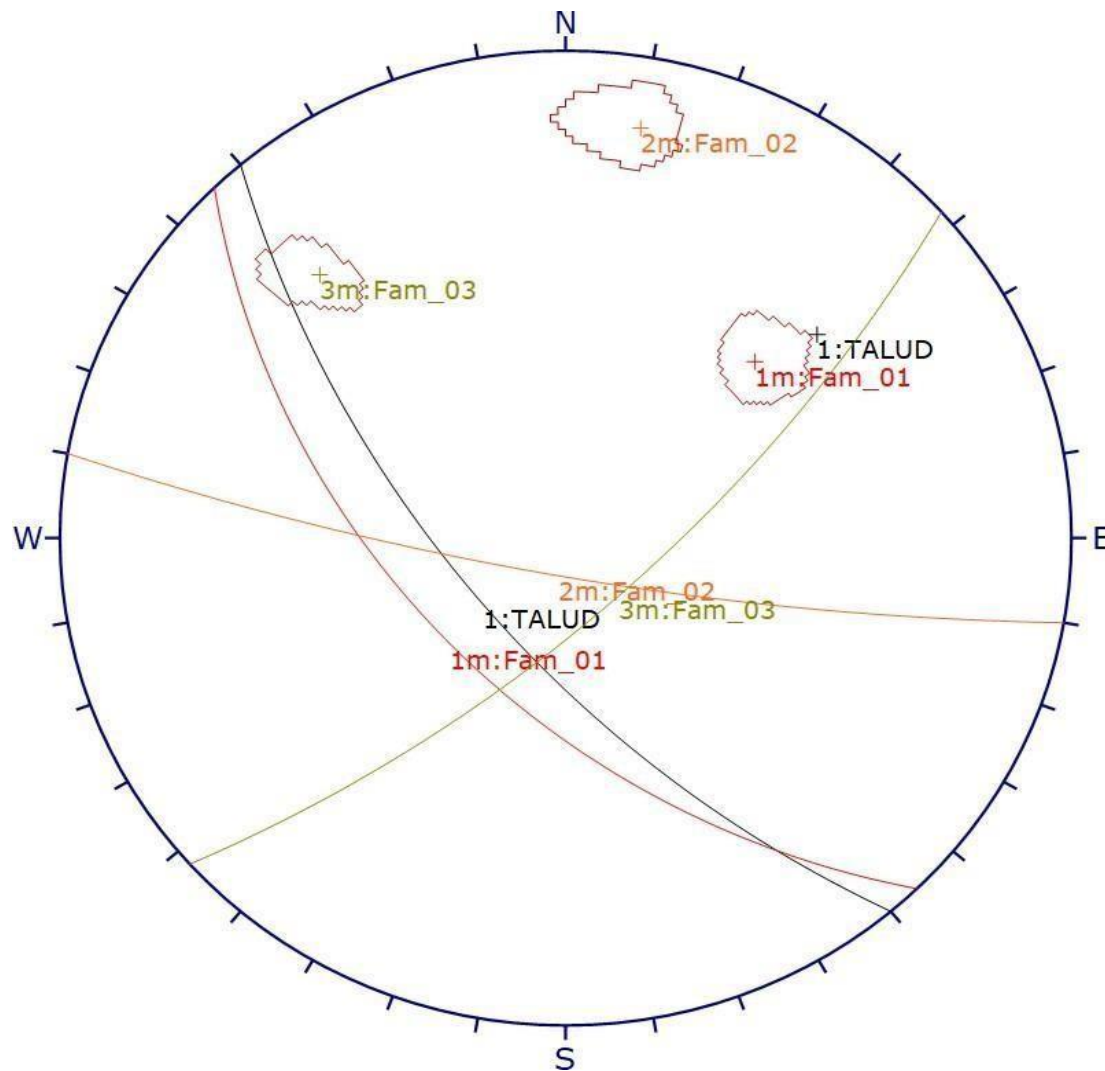
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.70
	0.70 - 1.40
	1.40 - 2.10
	2.10 - 2.80
	2.80 - 3.50
	3.50 - 4.20
	4.20 - 4.90
	4.90 - 5.60
	5.60 - 6.30
	6.30 - 7.00

Maximum Density	6.94%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	130 (130 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

En la EG- 06, se visualiza la existencia de 3 familias más representativas, tomando en cuenta a partir de la intensidad de colores.

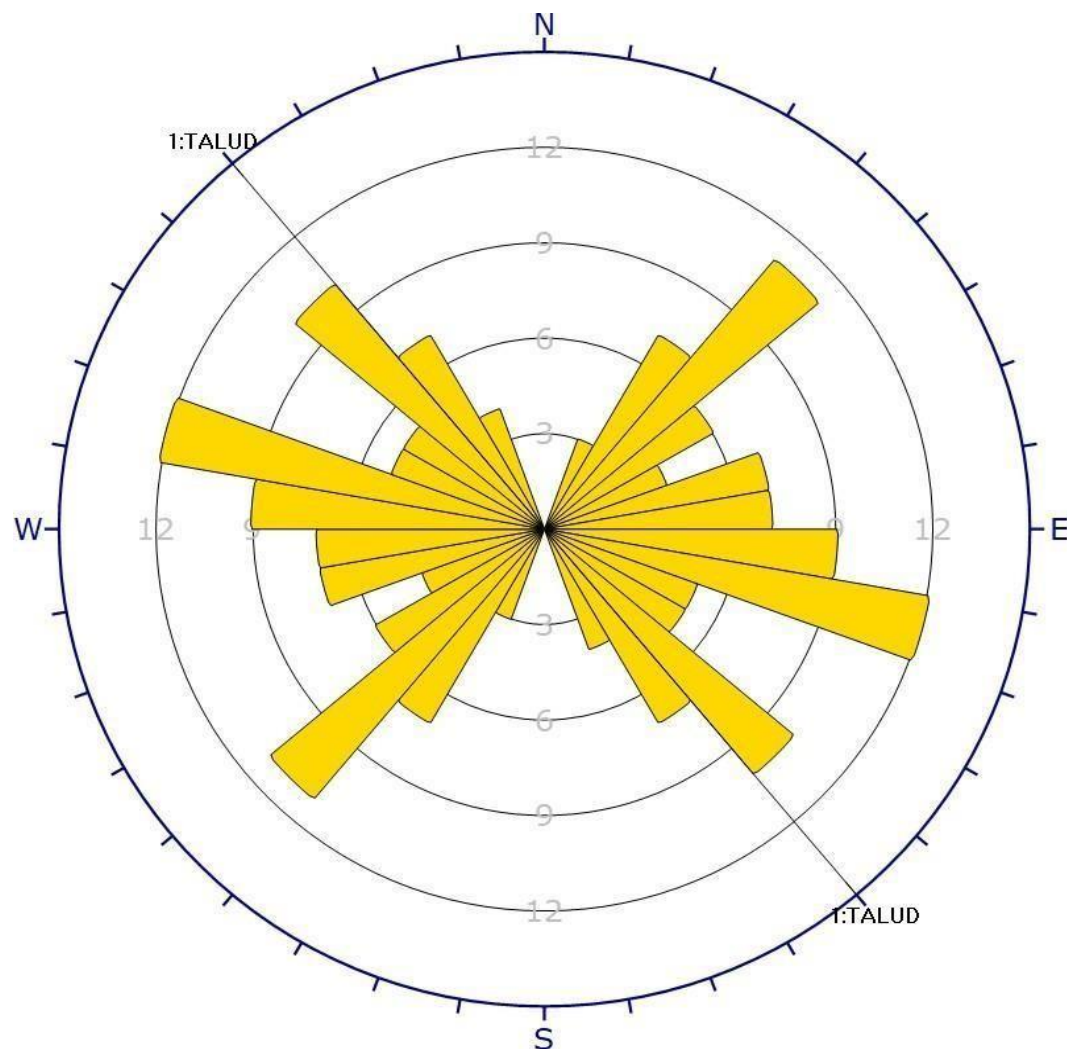
Gráfico N° 6. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 06
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		66	230	TALUD
Mean Set Planes				
1m		55	226	Fam_01
2m		81	190	Fam_02
3m		72	138	Fam_03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		130 (130 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Se visualizó la existencia de falla por cuña, indicando así que existe desprendimiento de roca.

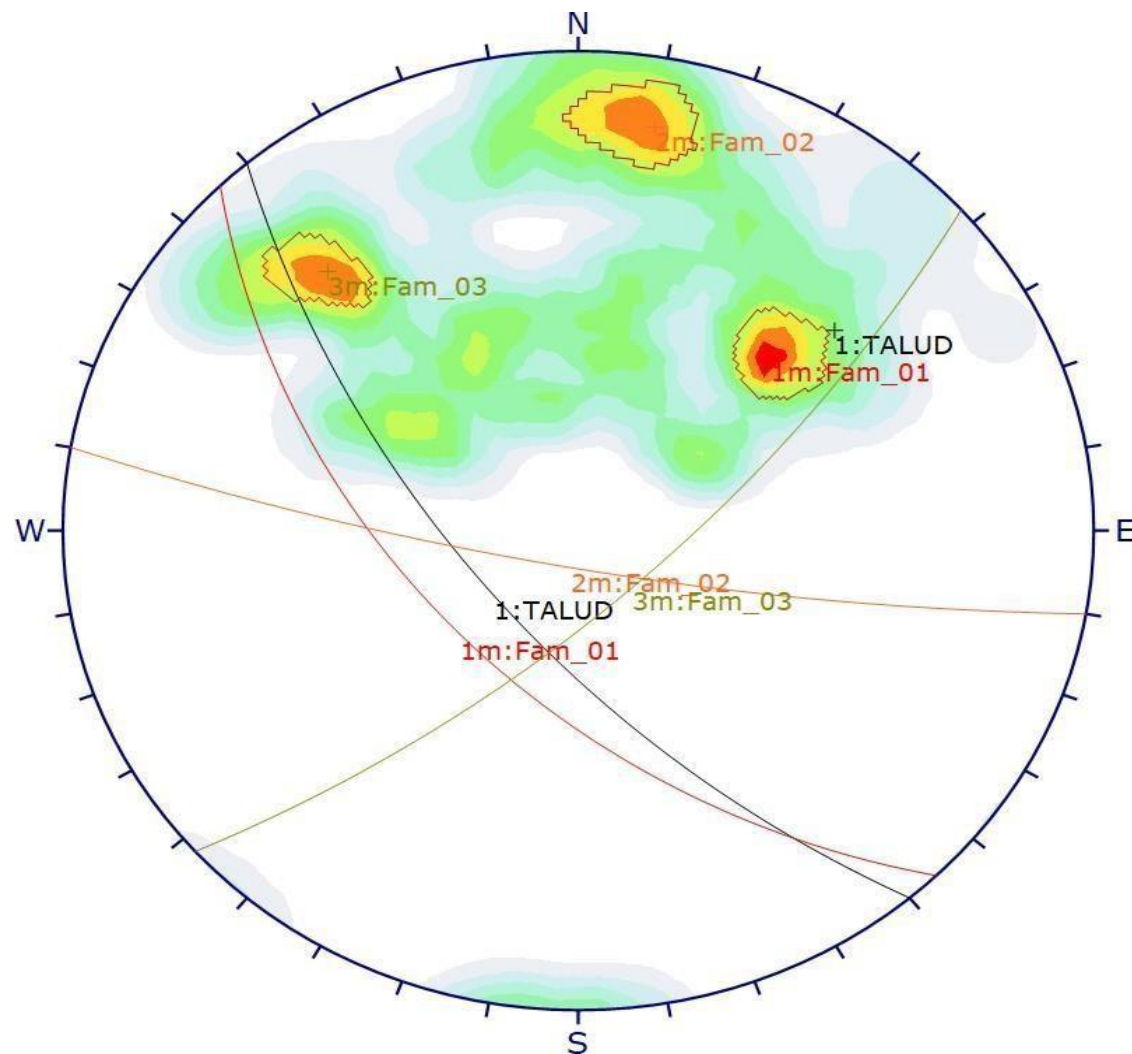
Gráfico N° 7. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 06
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	15 planes per arc
Planes Plotted	97
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

La intensidad de juntas (familias) disminuye, de acuerdo a la división del talud en el plano y en base a las tres familias, dos de ellas densas y una moderada.

Gráfico N° 8. Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 06
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Color	Density Concentrations	
	0.00	- 0.70
	0.70	- 1.40
	1.40	- 2.10
	2.10	- 2.80
	2.80	- 3.50
	3.50	- 4.20
	4.20	- 4.90
	4.90	- 5.60
	5.60	- 6.30
	6.30	- 7.00
Maximum Density		
6.94%		
Contour Data		
Pole Vectors		
Contour Distribution		
Fisher		
Counting Circle Size		
1.0%		
Plot Mode		
Pole Vectors		
Vector Count		
130 (130 Entries)		
Hemisphere		
Lower		
Projection		
Equal Angle		

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		66	230	TALUD
Mean Set Planes				
1m		55	226	Fam_01
2m		81	190	Fam_02
3m		72	138	Fam_03
Plot Mode				
Pole Vectors				
Vector Count				
130 (130 Entries)				
Hemisphere				
Lower				
Projection				
Equal Angle				

Gráfico N° 9. Trazado general de la estación geomecánica N° 06
Fuente: Software Dips - elaboración propia.

Tabla N° 6. Vista cuadrícula de los datos de campo:
EG - 07: 13+350 km - 13+650 km

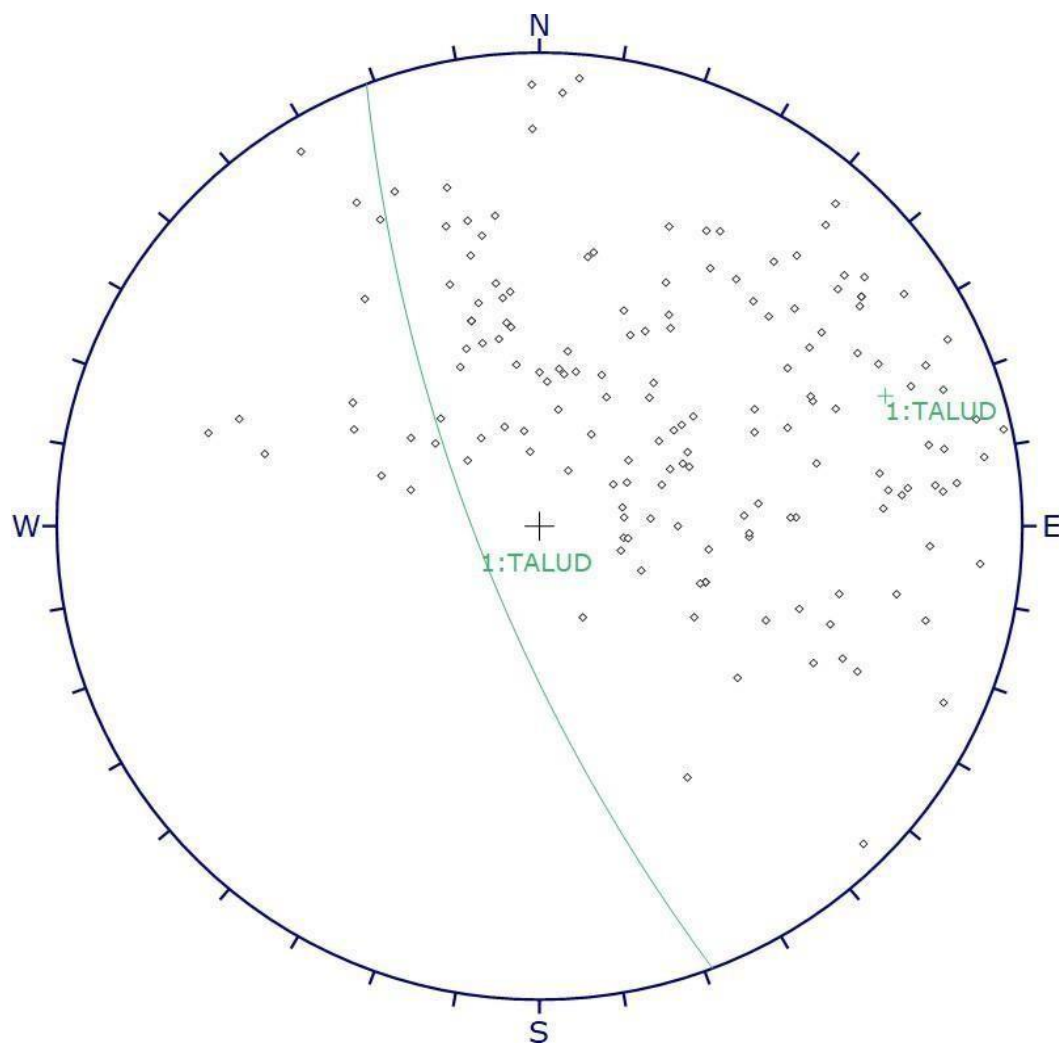
ID	Dip	Dip Direction
1	74	281
2	26	294
3	50	124
4	47	171
5	55	308
6	38	243
7	64	169
8	67	110
9	89	258
10	63	330
11	25	147
12	76	244
13	38	108
14	36	125
15	34	138
16	79	258
17	75	264
18	71	267
19	77	231
20	87	315
21	56	268
22	81	259
23	18	173
24	72	153
25	69	294
26	65	283
27	61	257
28	79	284
29	38	202
30	83	251
31	20	278
32	79	234
33	58	248
34	41	301

ID	Dip	Dip Direction
35	21	278
36	33	246
37	85	294
38	23	133
39	79	234
40	73	165
41	20	240
42	85	275
43	54	293
44	61	105
45	72	295
46	79	230
47	65	297
48	74	241
49	47	118
50	31	106
51	71	106
52	15	207
53	86	261
54	24	335
55	75	157
56	85	183
57	31	129
58	69	203
59	26	233
60	53	173
61	55	170
62	65	289
63	63	237
64	20	287
65	26	266
66	62	143
67	55	211
68	47	273

ID	Dip	Dip Direction
69	74	265
70	49	264
71	42	218
72	23	243
73	34	183
74	67	248
75	66	223
76	70	229
77	71	261
78	46	267
79	30	251
80	72	264
81	80	179
82	44	168
83	34	234
84	40	289
85	86	245
86	76	223
87	50	208
88	82	247
89	52	201
90	20	264
91	57	160
92	32	270
93	68	236
94	59	288
95	41	189
96	41	154
97	73	221
98	82	223
99	82	264
100	81	232
101	52	246
102	80	265

ID	Dip	Dip Direction
127	28	189
128	40	289
129	78	235
130	40	234
131	67	218
132	84	237
133	71	235
134	44	163
135	52	171
136	64	244
137	60	207
138	36	246
139	71	209
140	86	179
141	85	222
142	49	162
143	78	273
144	79	264
145	38	234
146	39	290
147	25	209
148	38	172
149	49	162
150	61	191
151	25	161
152	67	163
153	48	205
154	39	220
155	37	193
156	36	189
157	55	268
158	39	278
159	72	211
160	67	167

Fuente: Software Dips - elaboración propia.

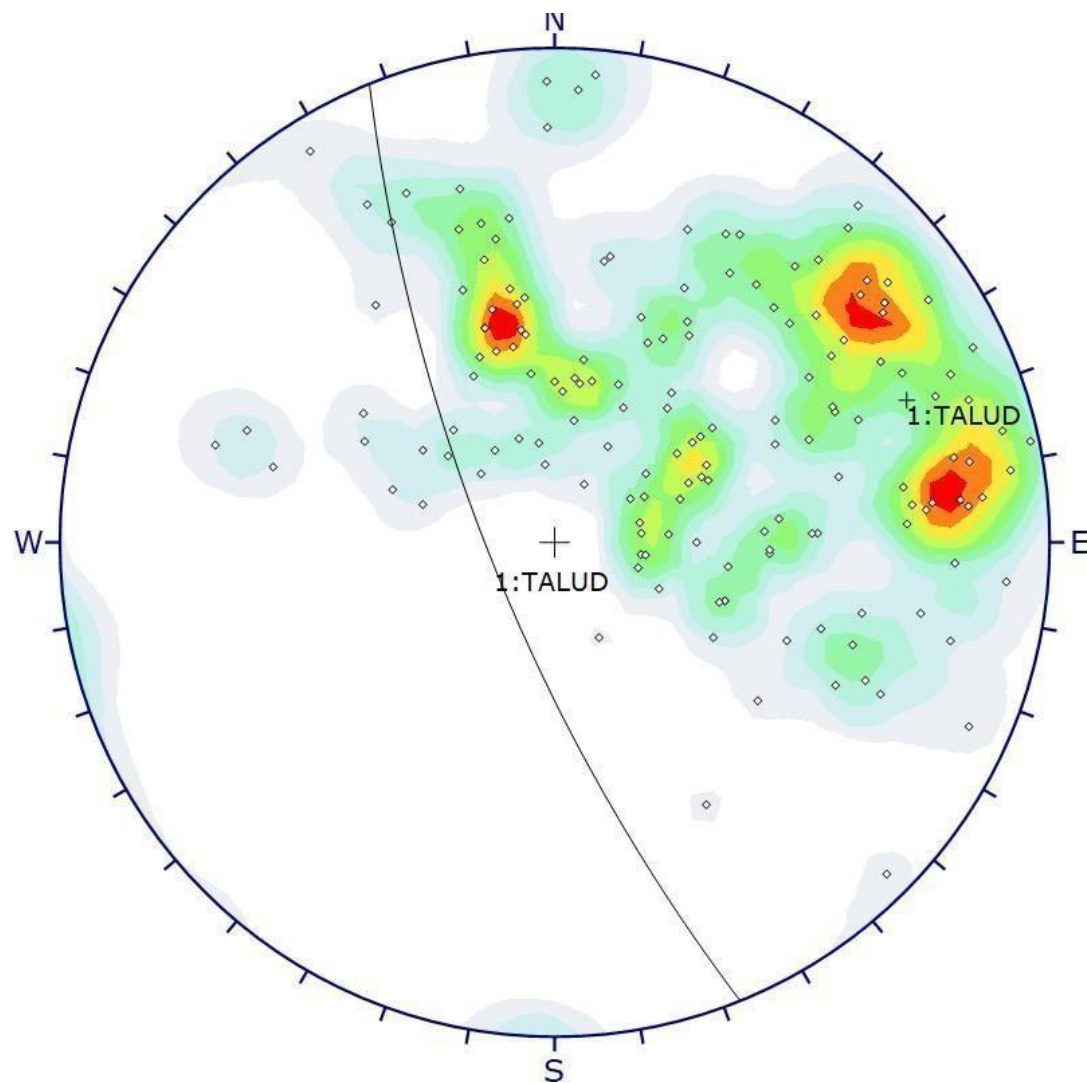


Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	160 (160 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Los polos o puntos que se visualizan en la estereografía, pertenece a la orientación de los datos insertados en el software.

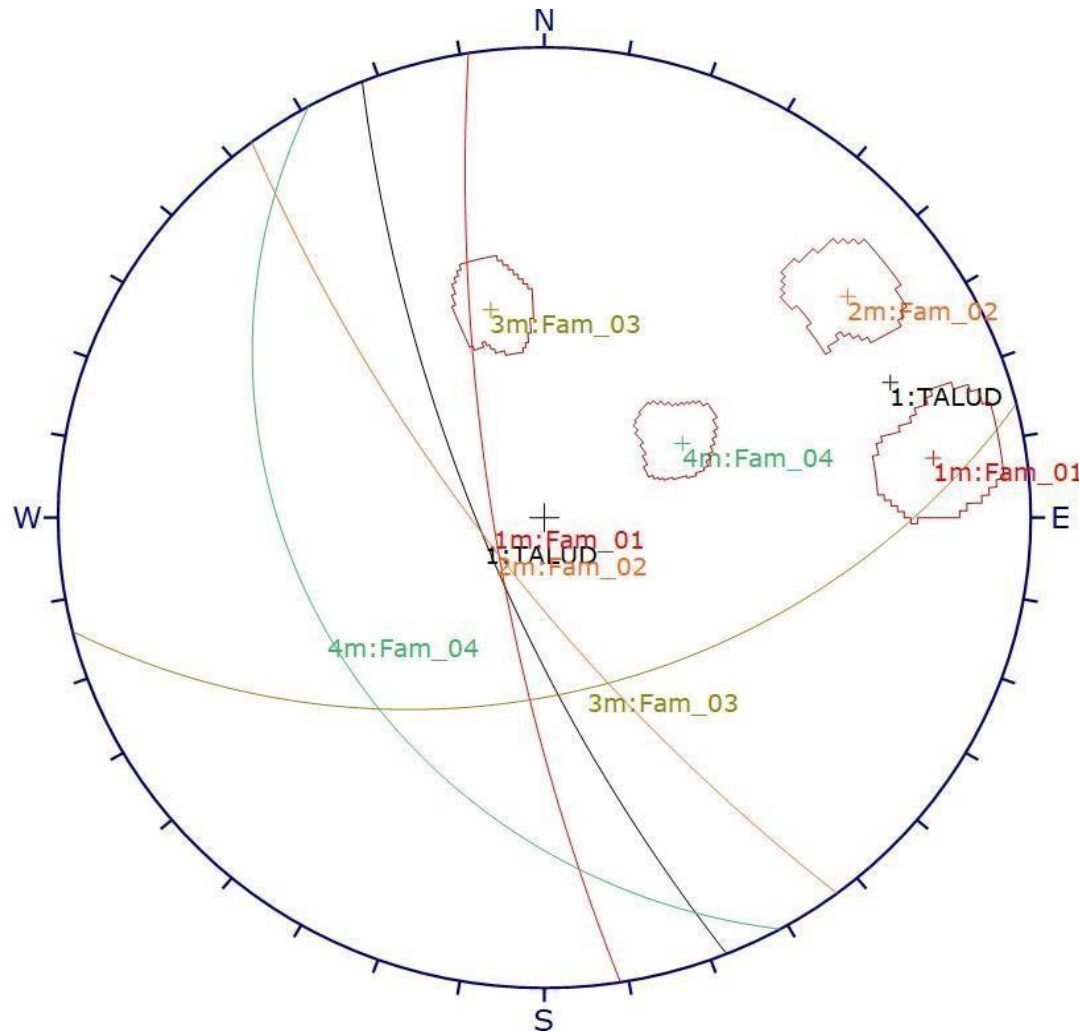
Gráfico N° 10. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 07
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.60
	0.60 - 1.20
	1.20 - 1.80
	1.80 - 2.40
	2.40 - 3.00
	3.00 - 3.60
	3.60 - 4.20
	4.20 - 4.80
	4.80 - 5.40
	5.40 - 6.00
Maximum Density 5.96%	
Contour Data Pole Vectors	
Contour Distribution Fisher	
Counting Circle Size 1.0%	
Plot Mode Pole Vectors	
Vector Count 160 (160 Entries)	
Hemisphere Lower	
Projection Equal Angle	

En la EG- 07, se visualiza la existencia de 3 familias más representativas, tomando en cuenta a partir de la intensidad de colores.

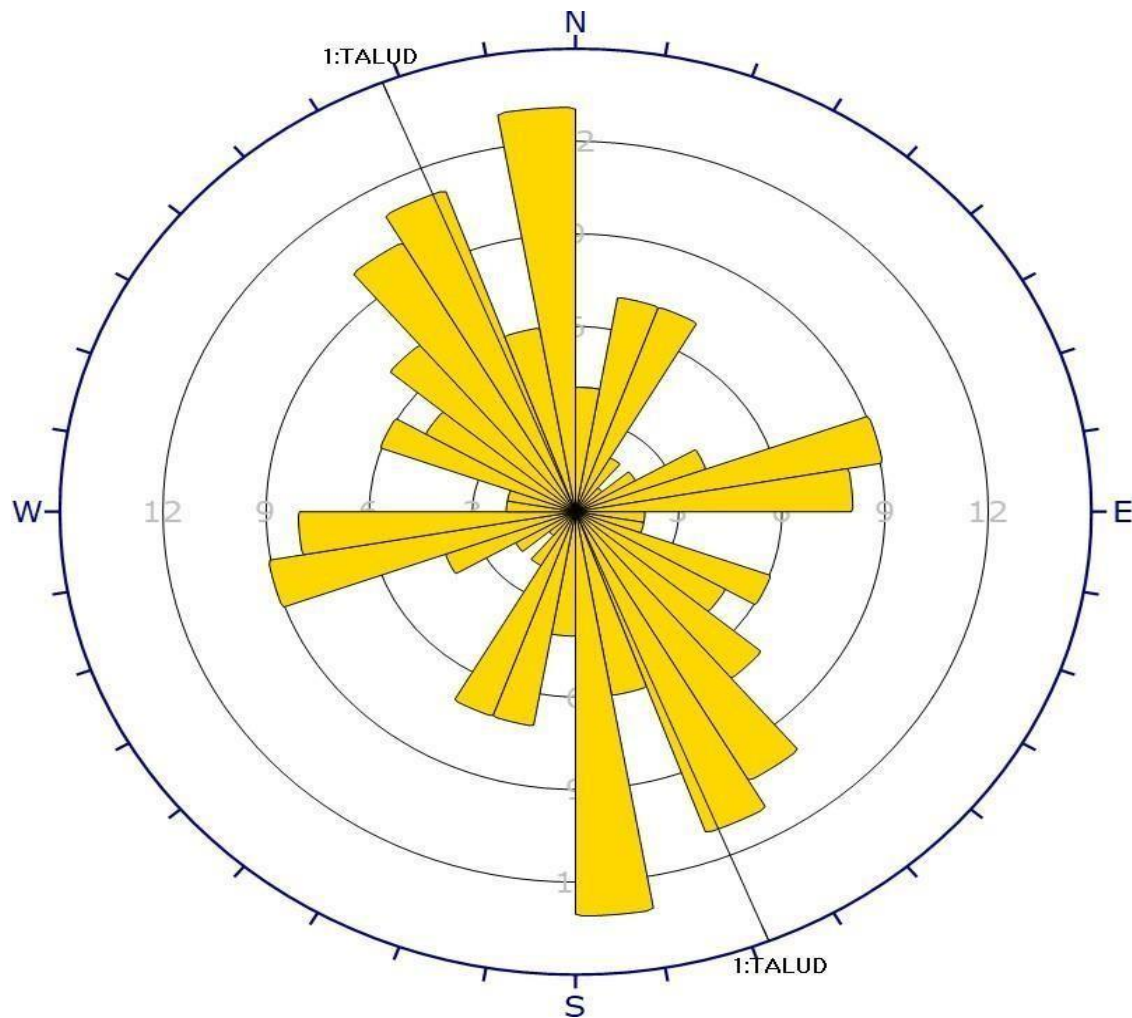
Gráfico N° 11. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 07
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	248	TALUD
Mean Set Planes				
1m		78	261	Fam_01
2m		76	233	Fam_02
3m		49	166	Fam_03
4m		36	241	Fam_04
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		160 (160 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Se visualizó la existencia de falla por cuña, indicando así que existe desprendimiento de roca.

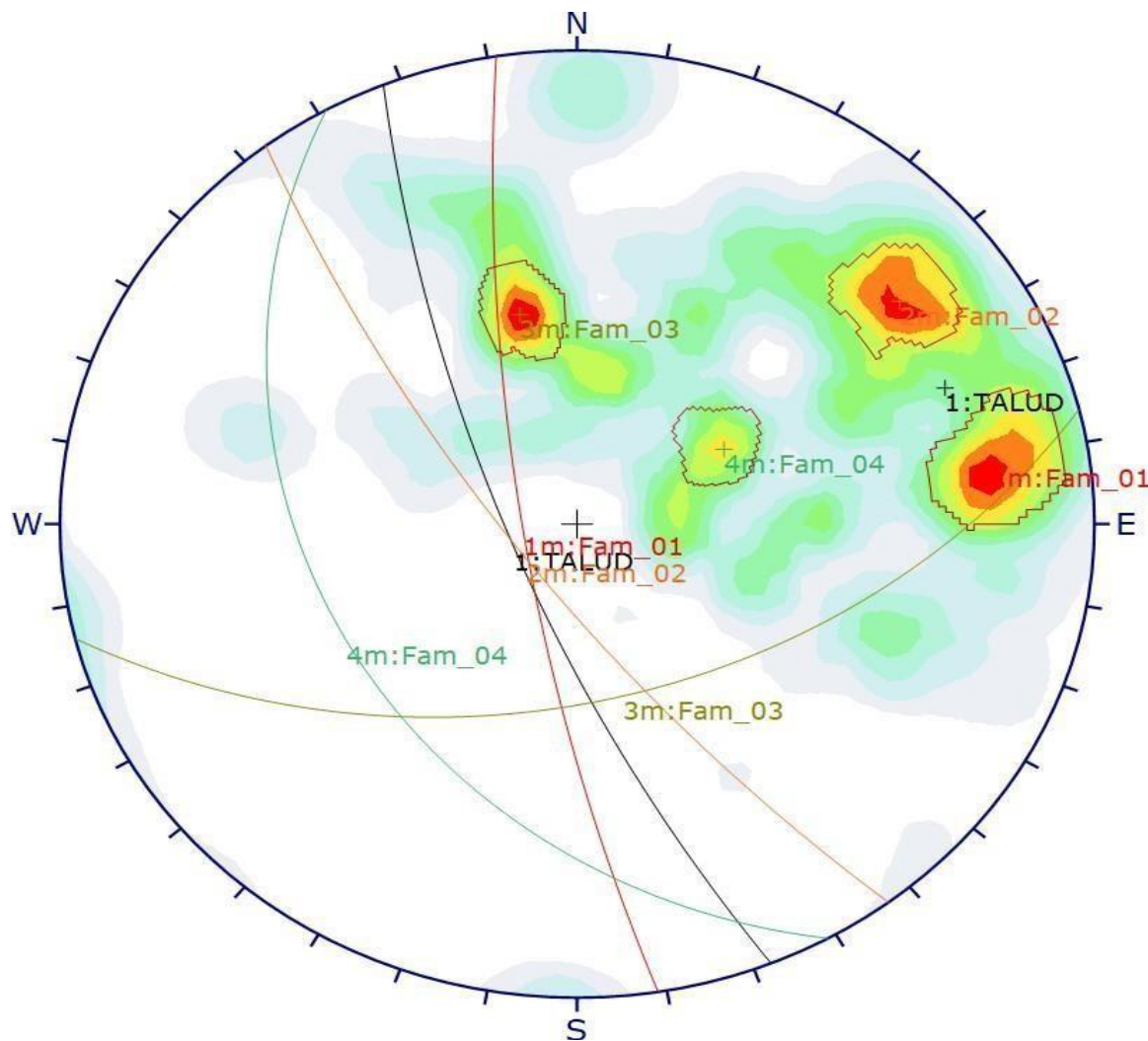
Gráfico N° 12. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 07
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	15 planes per arc
Planes Plotted	106
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

La intensidad de juntas (familias) disminuye, de acuerdo a la división del talud en el plano y en base a las tres familias, dos de ellas densas y una moderada.

Gráfico N° 13. Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 07
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Color	Density Concentrations	
	0.00	- 0.60
	0.60	- 1.20
	1.20	- 1.80
	1.80	- 2.40
	2.40	- 3.00
	3.00	- 3.60
	3.60	- 4.20
	4.20	- 4.80
	4.80	- 5.40
	5.40	- 6.00
Maximum Density		5.96%
Contour Data		Pole Vectors
Contour Distribution		Fisher
Counting Circle Size		1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	160 (160 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	248	TALUD
Mean Set Planes				
1m		78	261	Fam_01
2m		76	233	Fam_02
3m		49	166	Fam_03
4m		36	241	Fam_04

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	160 (160 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 14. Trazado general de la estación geomecánica N° 07
Fuente: Software Dips - elaboración propia.

Tabla N° 7. Vista cuadrícula de los datos de campo:
EG - 08: 13+650 km - 14+000 km

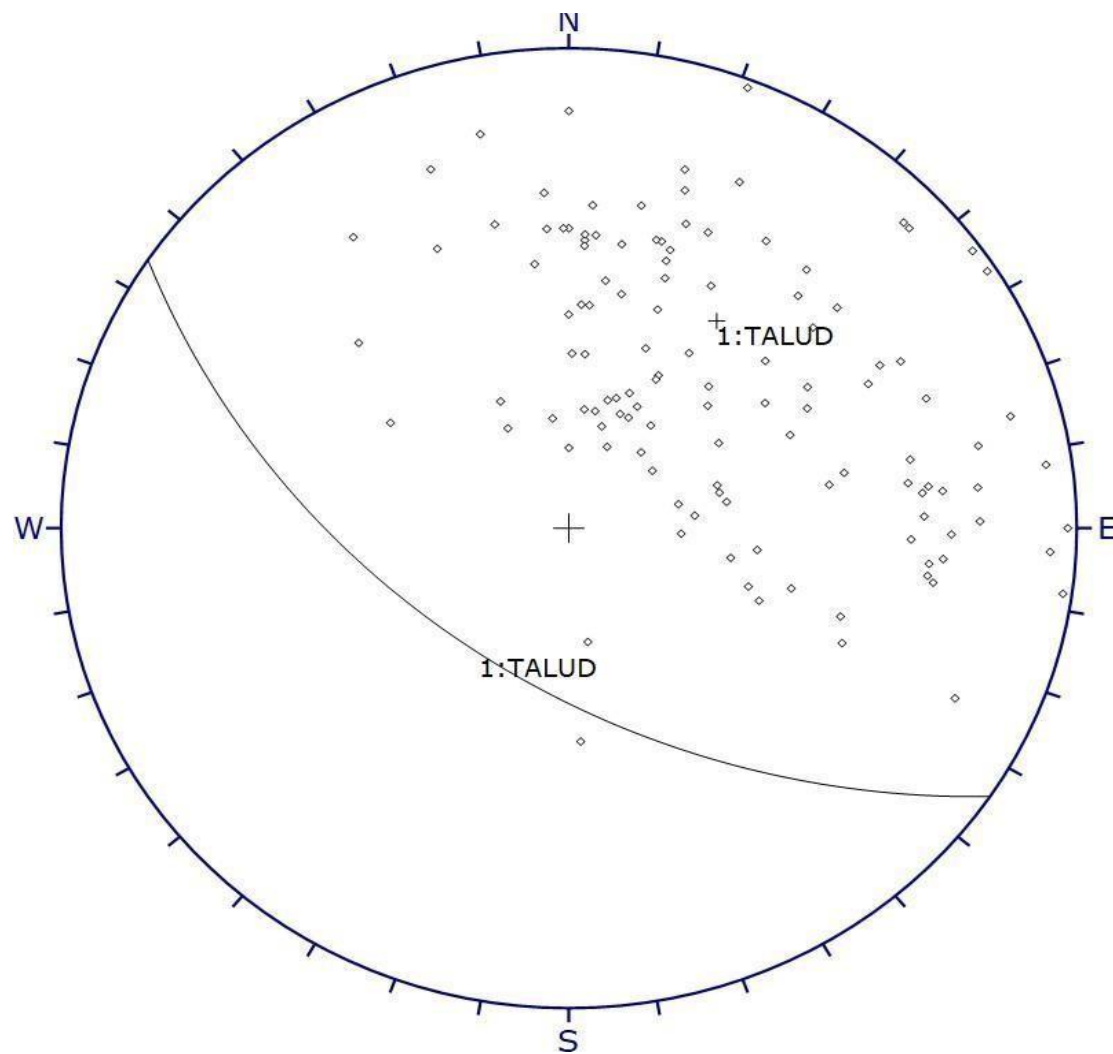
ID	Dip	Dip Direction
1	61	199
2	27	150
3	78	269
4	21	204
5	65	229
6	89	237
7	67	223
8	19	180
9	69	258
10	40	209
11	58	200
12	25	257
13	50	183
14	89	278
15	70	241
16	55	228
17	73	198
18	44	292
19	60	209
20	31	196
21	41	289
22	26	172
23	73	275
24	62	183
25	77	160
26	87	273
27	36	281
28	73	242
29	34	253
30	87	262
31	33	153
32	41	227
33	63	185
34	70	264

ID	Dip	Dip Direction
35	73	264
36	44	202
37	25	273
38	48	357
39	72	279
40	59	289
41	74	271
42	28	187
43	68	272
44	34	203
45	68	204
46	82	180
47	69	192
48	34	256
49	29	207
50	71	263
51	49	286
52	28	192
53	27	351
54	67	243
55	38	239
56	76	197
57	39	209
58	23	234
59	70	229
60	89	201
61	51	246
62	40	185
63	70	176
64	71	213
65	61	294
66	74	249
67	44	223
68	61	183

ID	Dip	Dip Direction
69	71	276
70	68	262
71	30	217
72	58	238
73	47	213
74	50	236
75	63	183
76	55	260
77	62	190
78	32	208
79	71	278
80	71	221
81	24	222
82	66	167
83	79	258
84	89	234
85	84	255
86	85	227
87	35	260
88	32	199
89	28	264
90	85	226
91	25	197
92	58	173
93	70	268
94	64	176
95	68	200
96	78	264
97	68	184
98	55	188
99	64	180
100	80	168
101	65	156
102	73	145

ID	Dip	Dip Direction
103	59	133
104	45	122
105	80	295
106	56	242
107	64	197
108	52	201
109	89	270
110	58	258
111	40	181
112	63	199
113	50	185
114	64	179
115	53	192
116	48	180
117	64	196
118	77	205
119	29	203
120	41	277

Fuente: Software Dips - elaboración propia.

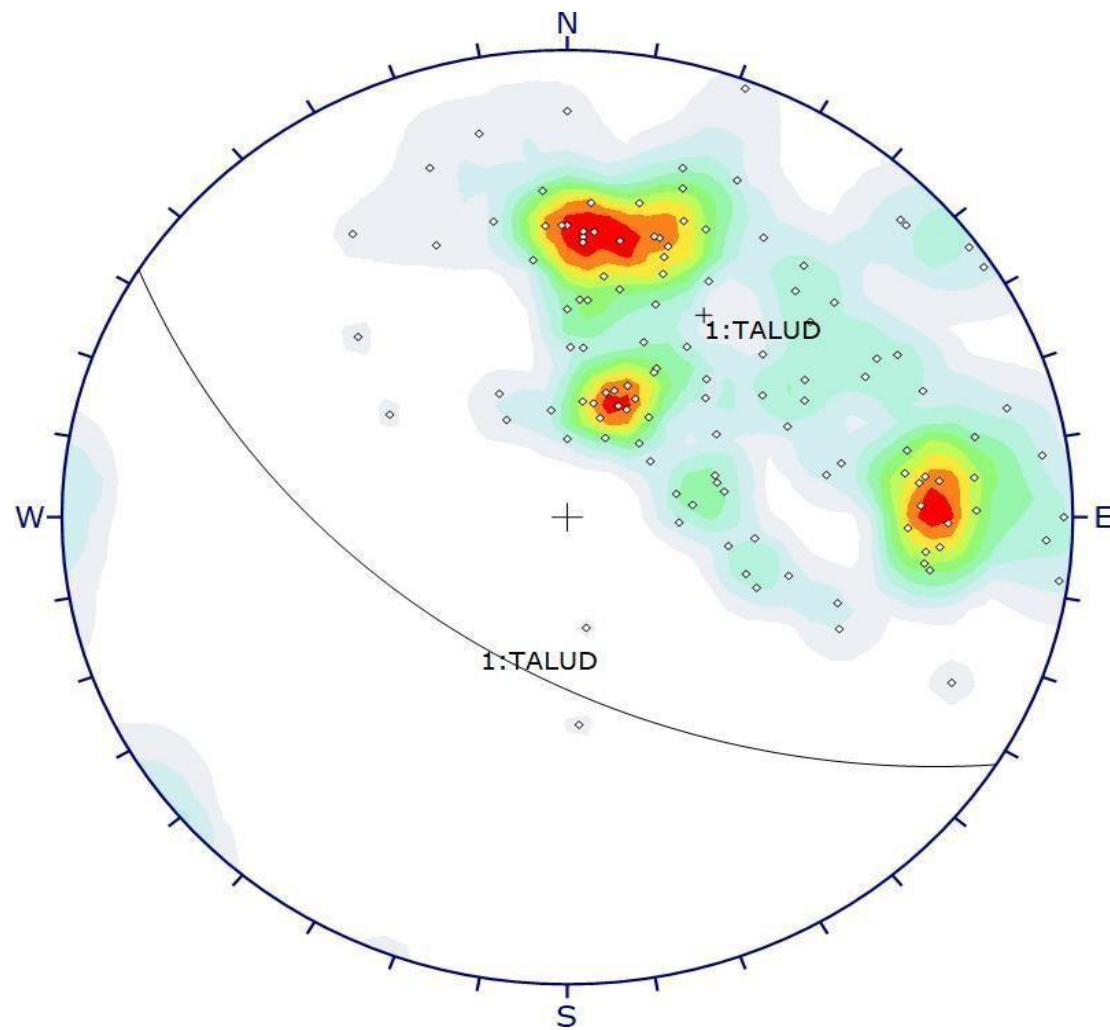


Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	120 (120 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Los polos o puntos que se visualizan en la estereografía, pertenece a la orientación de los datos insertados en el software.

Gráfico N° 15. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 08
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

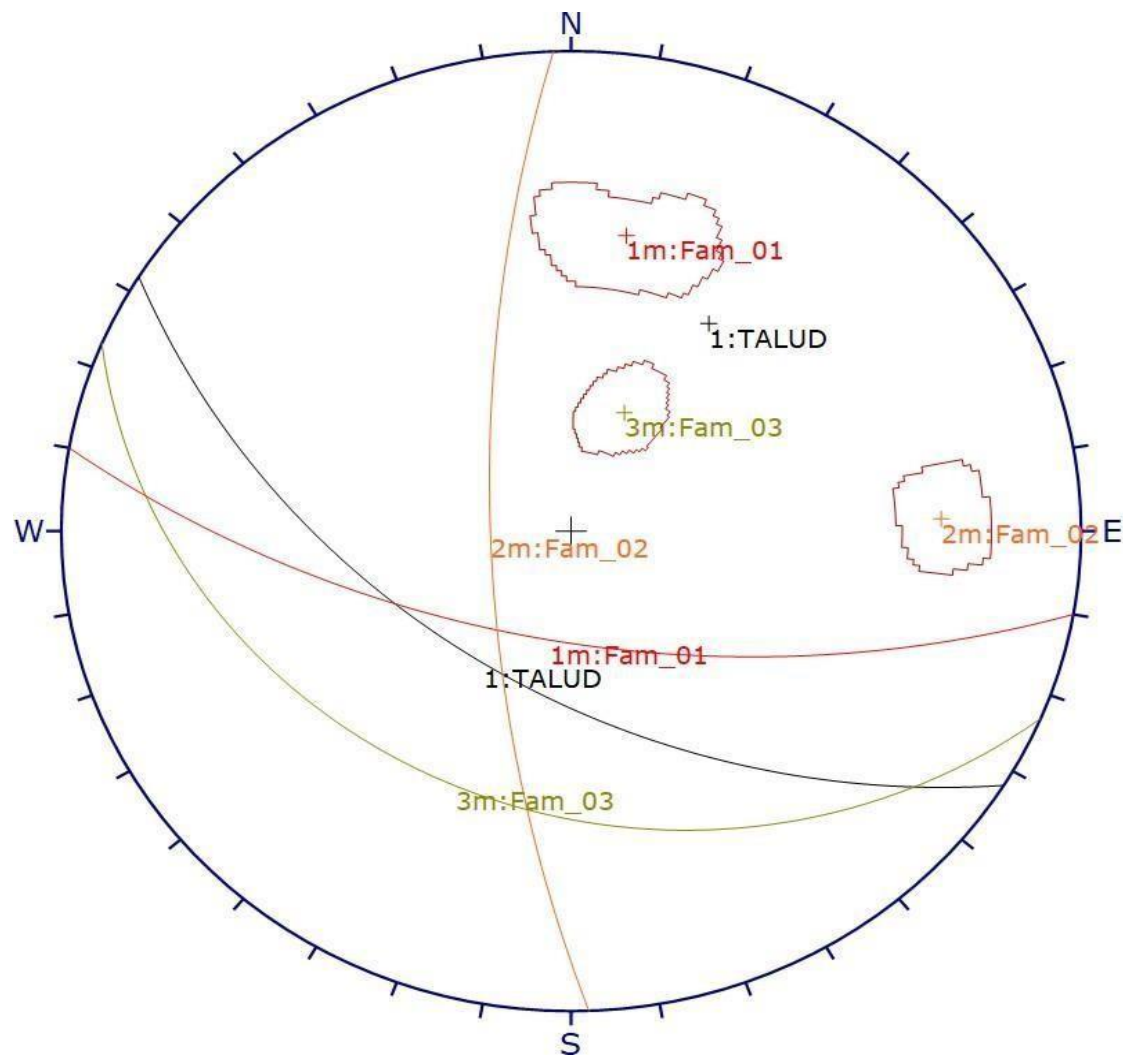
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.80
	0.80 - 1.60
	1.60 - 2.40
	2.40 - 3.20
	3.20 - 4.00
	4.00 - 4.80
	4.80 - 5.60
	5.60 - 6.40
	6.40 - 7.20
	7.20 - 8.00

Maximum Density	7.89%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	120 (120 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

En la EG- 08, se visualiza la existencia de 3 familias más representativas, tomando en cuenta a partir de la intensidad de colores.

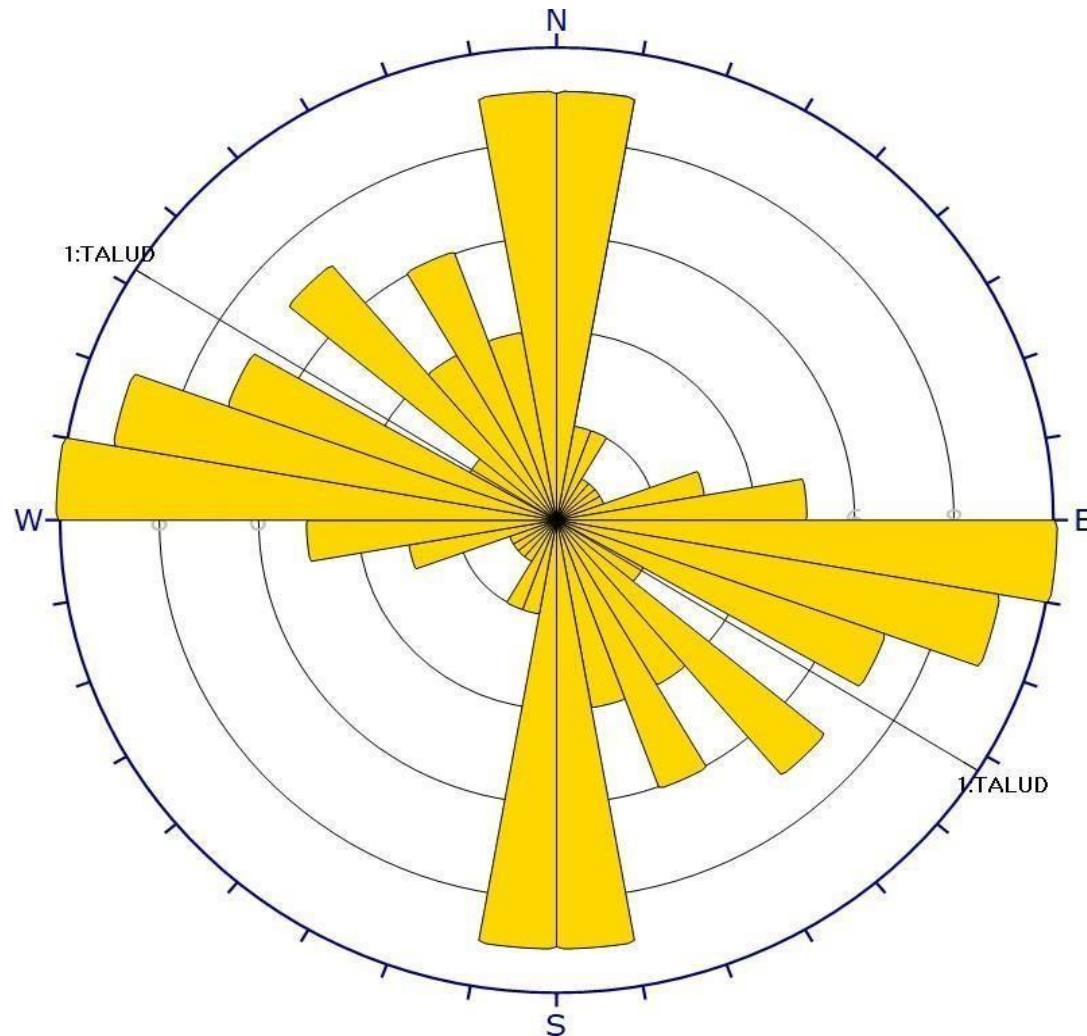
Gráfico N° 16. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 08
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		54	212	TALUD
Mean Set Planes				
1m		64	190	Fam_01
2m		72	268	Fam_02
3m		30	203	Fam_03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		120 (120 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Se visualizó la existencia de falla por cuña, indicando así que existe desprendimiento de roca.

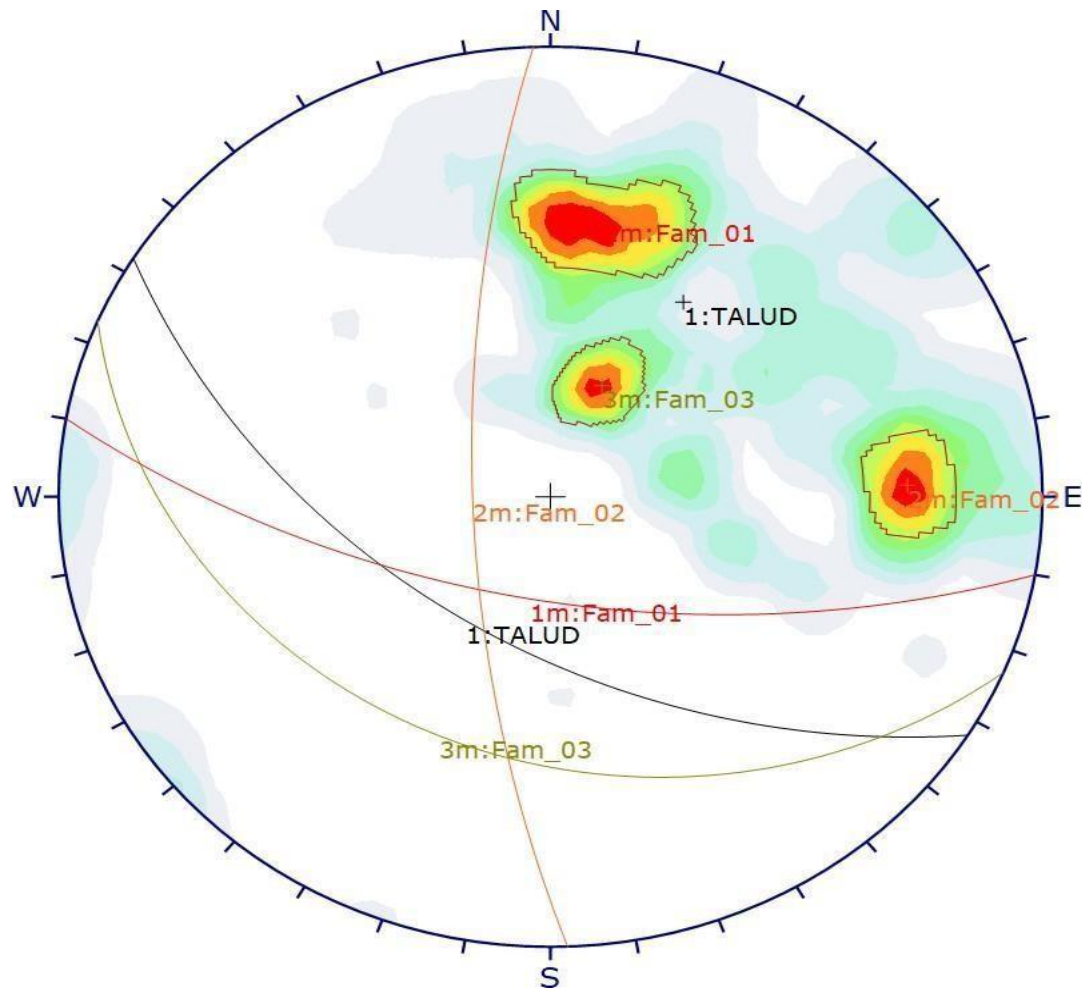
Gráfico N° 17. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 08
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	84
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

La intensidad de juntas (familias) disminuye, de acuerdo a la división del talud en el plano y en base a las tres familias, dos de ellas densas y una moderada.

Gráfico N° 18. Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 08
Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.80
	0.80 - 1.60
	1.60 - 2.40
	2.40 - 3.20
	3.20 - 4.00
	4.00 - 4.80
	4.80 - 5.60
	5.60 - 6.40
	6.40 - 7.20
	7.20 - 8.00
Maximum Density	7.89%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	120 (120 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		54	212	TALUD
Mean Set Planes				
1m		64	190	Fam_01
2m		72	268	Fam_02
3m		30	203	Fam_03

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	120 (120 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 19. Trazado general de la estación geomecánica N° 08
Fuente: Software Dips - elaboración propia.

Los gráficos que se analizó en las hojas anteriores representan a las zonas con más deslizamiento de material, siendo desde el km 13+000 al km 14+000, todo este análisis también se prosiguió a realizarse para las 7 estaciones geomecánicas restantes, siendo el análisis y sus respectivas gráficas en el anexo N° 10, se detalló en una tabla el resumen de todos los tramos de estudio, indicando también las fallas y familias que conforman estos.

Tabla N° 8. Resumen del análisis de familias y fallas por estaciones.

TRAMO		N° DATOS	FAMILIA DE DISCONTINUIDADES					PENDIENTE DEL TALUD	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	TIPO DE ROTURA
			Fam_01	Fam_02	Fam_03	Fam_04	Fam_05			
10+000 km - 10+500 km	EG-01	100	45/240	36/186	50/281	-	-	52	219	Falla por cuña
10+500 km - 11+000 km	EG-02	100	29/278	45/121	37/220	-	-	23	246	Sin fallamiento
11+000 km - 11+500 km	EG-03	100	1/332	22/259	70/229	-	-	19	278	Sin fallamiento
11+500 km - 12+250 km	EG-04	80	63/297	73/232	53/223	59/214	62/255	78	277	Vuelco y falla por cuña
12+250 km - 13+000 km	EG-05	80	47/168	66/186	73/245	80/212	-	43	184	Sin fallamiento
13+000 km - 13+350 km	EG-06	130	55/226	81/190	72/138	-	-	66	230	Falla por cuña
13+350 km - 13+650 km	EG-07	160	78/261	76/233	49/166	36/241	-	75	248	Falla por cuña
13+650 km - 14+000 km	EG-08	120	64/190	72/268	30/203	-	-	54	212	Falla por cuña
14+000 km - 14+500 km	EG-09	100	21/199	83/250	50/175	62/146	-	38	216	Falla por cuña
14+500 km - 15+000 km	EG-10	100	20/198	23/263	-	-	-	28	237	Sin fallamiento

Fuente: elaboración propia.

3.3. Determinación del tipo de inestabilidad del macizo rocoso mediante las aplicaciones de las clasificaciones.

Se consideró ante este objetivo, los 3 tipos de clasificaciones geomecánicas, siendo estos el RMR (ROCK QUALITY DESIGNATION) clasificando las muestras de roca de acuerdo a su grado de fracturamiento, el RMR y GSI, caracterizando mediante estos la resistencia a la compresión y caracterizar el macizo rocoso de acuerdo al RQD. Para ello se realizó el análisis por cada estación geomecánica, teniendo las siguientes tablas de análisis. Ver anexo N°11 y N°12.

3.3.1. Resistencia a la compresión uniaxial

Para realizar esta clasificación se utilizó el esclerómetro, en la que se pudo encontrar 3 tipos de roca, siendo estas resistente y frágil.

Tabla N° 9. Datos de resistencia a la compresión por tramos

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL				
ESTACIÓN GEOM.	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	VALOR OBTENIDO IN SITU	VALORACIÓN
EG-01	Resistente	250-100	147	6
EG-02	Resistente	250-100	132	5
EG-03	Resistente	250-100	110	4
EG-04	Resistente	250-100	118	5
EG-05	Resistente	250-100	102	4
EG-06	Frágil	100-50	69	3
EG-07	Frágil	100-50	72	3
EG-08	Frágil	100-50	84	3
EG-09	Resistente	250-100	123	4
EG-10	Resistente	250-100	137	5

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Índice de calidad de la roca (R.Q.D)

Para el cálculo del RQD se utilizó lo siguiente:

$$RQD = 115 - (3.3) J_v$$

- Dónde J_v (eje)= (# de fisuras / longitud del eje).

Tabla N° 10. Datos de campo - calidad de roca (RQD).

R.Q.D					
ESTACIÓN GEOM.	N° DE JUNTAS	CALIDAD	ÍNDICE DE CALIDAD (RQD)	VALOR OBTENIDO IN SITU	VALOR
EG-01	9	Resistente	90-75	85.3	17
EG-02	12	Resistente	75-50	75.4	13
EG-03	11	Resistente	75-50	78.7	13
EG-04	12	Resistente	75-50	75.4	13
EG-05	11	Resistente	75-50	78.7	13
EG-06	21	Frágil	50-25	45.7	8
EG-07	22	Frágil	50-25	42.4	8
EG-08	24	Frágil	50-25	35.8	8
EG-09	12	Resistente	75-50	75.4	13
EG-10	12	Resistente	75-50	75.4	13

Fuente: elaboración propia.

El análisis de la tabla, mostro el índice de calidad de roca por tramos o estaciones geomecanicas, tomando en cuenta el # de fisuras por la longitud del eje. Se describe que de la estación N° 01 a la estación N° 05 la calidad es resistente, siendo el índice de calidad (90-75), estación N° 06 a la estación N° 08 de calidad frágil (50-25) y las estaciones N° 09- 10 son de calidad resistente.

3.3.3. Espaciamiento de las estructuras

El espaciamiento es el intervalo entre discontinuidades, en donde se empleó la wincha con el propósito de obtener dicho valor; mediante estos datos se obtuvo lo siguiente:

Tabla N° 11. Datos de campo – Espacio de estructuras.

ESPACIAMIENTO (m)				
ESTACIÓN GEOM.	DESCRIPCIÓN	ESPACIO DE JUNTAS	VALOR OBTENIDO IN SITU	VALOR
EG-01	Separadas	2 - 0.60 m	1.6 m	15
EG-02	Separadas	2 - 0.60 m	1.4 m	15
EG-03	Separadas	2 - 0.60 m	1.4 m	15
EG-04	Juntas	200 - 60 mm	165 mm	8
EG-05	Separadas	2 - 0.60 m	1.4	15
EG-06	Juntas	200 - 60 mm	171 mm	8
EG-07	Juntas	200 - 60 mm	174 mm	8
EG-08	Juntas	200 - 60 mm	150 mm	8
EG-09	Moderadamente juntas	600 - 200 mm	420 mm	10
EG-10	Moderadamente juntas	600 - 200 mm	430 mm	10

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se pudo observar que de las 10 estaciones geomecánicas, la estación N° 01, estación N° 02, estación N° 03 y estación N° 05 presentó espaciamiento de estructura en un rango de 2-0.6 m (separadas), estación N° 04, estación N° 06, estación N° 07 y estación N° 08 presentó espaciamiento de estructura en un rango de 200-60 mm (juntas) y por último, la estación N° 09 y estación N° 10 08 presentó espaciamiento de estructura en un rango de 600-200 mm (moderadamente juntas). Siendo estas dos últimas, donde se mostró la existencia de diversas discontinuidades.

3.3.4. Persistencia

Es el tamaño que tiene una discontinuidad, en donde, si el valor es mayor, la persistencia del macizo rocoso es menos estable y si es menor la persistencia es estable. Especificando así cuán grande es la fractura.

Se obtuvo los siguientes datos:

Tabla N° 12. Datos de campo – persistencia

PERSISTENCIA (m)				
ESTACIÓN GEOM.	DESCRIPCIÓN	VALOR OBTENIDO IN SITU	PERSISTENCIA (m)	VALOR
EG-01	Media	10 - 3 m	6 m	2
EG-02	Media	10 - 3 m	7 m	2
EG-03	Media	10 - 3 m	6.6 m	2
EG-04	Alta	20 - 10 m	12 m	1
EG-05	Media	10 - 3 m	7 m	2
EG-06	Alta	20 - 10 m	14 m	1
EG-07	Alta	20 - 10 m	13 m	1
EG-08	Alta	20 - 10 m	12.5 m	1
EG-09	Media	10 - 3 m	5 m	2
EG-10	Media	10 - 3 m	6 m	2

Fuente: elaboración propia.

El análisis de la siguiente tabla mediante los datos obtenidos in situ de las 10 estaciones geom., pues seis de ellas tienen persistencia media (valor de 10-3 m) y las cuatro estaciones restantes son de persistencia alta (valor de 20-10 m) encontrando así que a lo largo del talud existen discontinuidades.

3.3.5. Abertura

Es el espacio que se presenta entre las paredes de fractura, en la que se utilizó una regla (mm).

Se obtuvo los siguientes datos:

Tabla N° 13. Datos de campo – abertura de roca

ABERTURA (mm)				
ESTACIÓN GEOM.	DESCRIPCIÓN	VALOR OBTENIDO IN SITU	ABERTURA	VALOR
EG-01	No muy cerrada	10 - 0.1	0.9	4
EG-02	No muy cerrada	10 - 0.1	0.4	4
EG-03	No muy cerrada	10 - 0.1	0.6	4

EG-04	Abierta	5.0 - 1.0	2.3	1
EG-05	No muy cerrada	10 - 0.1	0.5	4
EG-06	Muy abierta	> 5.0	6	0
EG-07	Abierta	5.0 - 1.0	4	1
EG-08	Muy abierta	> 5.0	7	0
EG-09	No muy cerrada	10 - 0.1	0.7	4
EG-10	No muy cerrada	10 - 0.1	0.8	4

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se pudo observar que de las 10 estaciones geomecánicas, en la que son aberturas no muy cerradas (10-0.1 mm) en donde la condición del macizo rocoso no es favorable, siendo de abertura abierta (5.0-1.0 mm) el macizo rocoso favorable y de abertura muy abierta (>5.0 mm) el macizo rocoso disminuye su condición siendo no muy favorable.

3.3.6. Rugosidad

Está presente en la desigualdad de superficie de la discontinuidad, en donde, si la rugosidad que pueda tener una discontinuidad es menor entonces el macizo rocoso no es competente y cuándo sea mayor este valor el macizo roco será de más competencia. Para la obtención de los datos en campo, se utilizó con los valores de rugosidad y la clasificación típicos de perfiles de rugosidad.

Tabla N° 14. Datos de campo- rugosidad de discontinuidades

RUGOSIDAD		
ESTACIÓN GEOM.	DESCRIPCIÓN	VALOR
EG-01	Ligeramente rugosa	3
EG-02	Ligeramente rugosa	3
EG-03	Ligeramente rugosa	3
EG-04	Ligeramente rugosa	3
EG-05	Ligeramente rugosa	3
EG-06	Muy rugosa	6
EG-07	Muy rugosa	6
EG-08	Muy rugosa	6
EG-09	Ligeramente rugosa	3
EG-10	Ligeramente rugosa	3

Fuente: elaboración propia.

El análisis de los datos obtenidos in situ de las 10 estaciones, se mostró que el macizo rocoso es ligeramente rugosas y muy rugosa. Teniendo como principal referencia la clasificación de perfiles de rugosidad, determinando así si el macizo es competente o no.

3.3.7. Relleno

Es lo que se encuentra al interior de una discontinuidad, la existencia de este valor predomina en el comportamiento de la discontinuidad.

A continuación, se presenta la siguiente tabla con los datos de la zona de estudio:

Tabla N° 15. Datos de campo-Relleno en discontinuidades

RELLENO			
ESTACIÓN GEOM.	VALOR OBTENIDO IN SITU	DESCRIPCIÓN	VALOR
EG-01	1	Relleno blando (<5 mm)	2
EG-02	0	Sin relleno	6
EG-03	1	Relleno blando (<5 mm)	2
EG-04	4	Relleno blando (<5 mm)	2
EG-05	7	Relleno blando (>5 mm)	0
EG-06	8	Relleno blando (>5 mm)	0
EG-07	6	Relleno blando (>5 mm)	0
EG-08	7	Relleno blando (>5 mm)	0
EG-09	0	Relleno blando (<5 mm)	2
EG-10	1	Relleno blando (<5 mm)	2

Fuente: elaboración propia.

Para obtener estos valores se realizó mediante una regla (mm); en las discontinuidades existentes en las diez estaciones de estudio, se pudo observar que existen relleno blando (<5 mm) en la mayoría de las estaciones de estudio, relleno blando (> 5mm) en cuatro de las estaciones geomecánicas y sin relleno sólo en la estación N° 02.

3.3.8. Descomposición

Para la obtención de esto, se visualizó detalladamente, las características existentes en el macizo. Obteniendo los siguientes datos:

Tabla N° 16. Datos de campo - Alteración del macizo rocoso

DESCOMPOSICIÓN			
ESTACIÓN GEOM.	VALOR OBTENIDO IN SITU	DESCRIPCIÓN	VALOR
EG-01	4	Ligeramente descompuesta	5
EG-02	4	Ligeramente descompuesta	5
EG-03	4	Ligeramente descompuesta	5
EG-04	4	Ligeramente descompuesta	5
EG-05	4	Ligeramente descompuesta	5
EG-06	3	Moderadamente descompuesta	3
EG-07	3	Moderadamente descompuesta	3
EG-08	3	Moderadamente descompuesta	3
EG-09	4	Ligeramente descompuesta	5
EG-10	4	Ligeramente descompuesta	5

Fuente: elaboración propia.

Obteniendo en del análisis que la roca presenta ligera y moderada descomposición en donde se visualizó evidencia de meteorización.

3.3.9. Filtraciones

Mediante las guías de observación de campo se pudo visualizar la existencia o no de agua en el talud de estudio, presentado lo siguiente:

Tabla N° 17. Datos de campo- filtración

FILTRACIÓN		
ESTACIÓN N GEOM.	DESCRIPCIÓN	VALOR
EG-01	Seco	15
EG-02	Seco	15
EG-03	Seco	15
EG-04	Ligeramente húmedo	10
EG-05	Ligeramente húmedo	10
EG-06	Ligeramente húmedo	10
EG-07	Ligeramente húmedo	10
EG-08	Ligeramente húmedo	10
EG-09	Seco	15
EG-10	Seco	15

Fuente: elaboración propia.

Diferentes estaciones de estudio, presentaron algunas de ellas características de ligera humedad afectando así al macizo rocoso; también zonas en la que no hay existencia de agua ni humedad (seco)

3.3.10. Índice RMR en relación a calidad del macizo rocoso

Tabla N° 18. Valores totales del RMR- del tramo 10+000 km al 13+000

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA- RMR											TOTAL
TRAMO	ESTACIÓN GEOM.	Resistencia a la compresión uniaxial	RQD	ESPACIAMIENTO (m)	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					FILTRACIÓN	
					PERSISTENCIA (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	DESCOMPOSICIÓN		
10+000 km - 10+500 km	EG-01	6	17	15	2	4	3	2	5	15	69
10+500 km - 11+000 km	EG-02	5	13	15	2	4	3	6	5	15	68
11+000 km - 11+500 km	EG-03	4	13	15	2	4	3	2	5	15	63
11+500 km - 12+250 km	EG-04	5	13	8	1	1	3	2	5	10	48
12+250 km - 13+000 km	EG-05	4	13	15	2	4	3	0	5	10	56

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 19. Valores totales del RMR- del tramo 10+000 km al 13+000

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA- RMR											TOTAL
TRAMO	ESTACIÓN GEOM.	Resistencia a la compresión uniaxial	RQD	ESPACIAMIENTO (m)	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					FILTRACIÓN	
					PERSISTENCIA (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	DESCOMPOSICIÓN		
13+000 km - 13+350 km	EG-06	3	8	8	1	0	6	0	3	10	39
13+350 km - 13+650 km	EG-07	3	8	8	1	1	6	0	3	10	40
13+650 km - 14+000 km	EG-08	3	8	8	1	0	6	0	3	10	39
14+000 km - 14+500 km	EG-09	4	13	8	2	4	3	2	5	15	56
14+500 km - 15+000 km	EG-10	5	13	10	2	4	3	2	5	15	59

Fuente: elaboración propia.

Al obtener el valor total de los índices de clasificación del RMR, se pudo determinar la calidad de roca.

A continuación, se puede muestra un gráfico donde interviene el valor total con relación a los tramos de estudio.

Gráfico N° 20. Calidad del macizo rocoso por tramos de estudio.



Fuente: elaboración propia.

Se puede determinar la calidad de roca, mediante la tabla siguiente:

Tabla N° 20. Calidad del macizo

CLASE DE MACISO ROCOSO						
TRAMO		I	II	III	IV	V
		100-81	80-61	60-41	40-21	<21
		Muy buena roca	Buena roca	Roca regular	Roca pobre	Roca muy pobre
10+000 km - 10+500 km	EG-01					
10+500 km - 11+000 km	EG-02					
11+000 km - 11+500 km	EG-03					
11+500 km - 12+250 km	EG-04					
12+250 km - 13+000 km	EG-05					
13+000 km - 13+350 km	EG-06					
13+350 km - 13+650 km	EG-07					
13+650 km - 14+000 km	EG-08					
14+000 km - 14+500 km	EG-09					
14+500 km - 15+000 km	EG-10					

Fuente: elaboración propia.

3.4. Análisis del comportamiento del tipo de roca que existe, mediante los resultados que los ensayos en laboratorio puedan brindar, para conocer la resistencia del macizo rocoso.

Se desarrolló los tres tipos de ensayo de las muestras obtenidas en campo, compresión uniaxial.

Según las características anteriormente desarrolladas, se encontró en la zona de estudio distintos tipos de muestras, estas son diorita, andesita y andesita cristalizada color óxido; mostrando más detallado en la siguiente tabla. Ver anexo N° 13.

Tabla N° 21. Tipo de roca

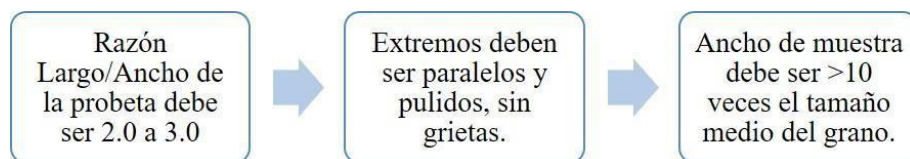
ESTACIÓN GEOM.	CLASE DE ROCA
EG-01	Diorita
EG-02	Diorita
EG-03	Diorita
EG-04	Andesita
EG-05	Andesita
EG-06	Andesita cristalizada
EG-07	Andesita cristalizada
EG-08	Andesita cristalizada
EG-09	Andesita
EG-10	Andesita

Fuente: elaboración propia.

3.4.1. Ensayo de compresión uniaxial

Este ensayo, sirve para realizar la clasificación de la roca mediante la resistencia y deformabilidad; los esfuerzos que se aplican en el ensayo son $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 0$. Obteniendo a partir de la resistencia de compresión simple (Mpa) el tipo de roca (dura, semi dura, blanda y muy blanda)

Para realizar este tipo de ensayo se cumplió según la norma ASTM, siendo los requisitos siguientes:



Teniendo en cuenta la norma se prosiguió a realizar el ensayo, primero se midieron las muestras para visualizar que cumpla con los requisitos ASTM, posteriormente se situó la muestra en la máquina y a la altura del pistón, cubriendo la muestra para evitar que salten los fragmentos de roca y ocasionar daños. Ver Anexo N° 14.

Mediante el manómetro que se encuentra conectado en la prensa hidráulica, se irá aumentando lentamente la presión ya que, al momento de fallar la aguja que indica el valor vuelve a su valor inicial.

Finalmente, una vez que el testigo llega al toque de la muestra, se analiza las condiciones y su modo de ruptura.

Se prosiguió a realizar lo mismo para las muestras continuas, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 22. Características de Diorita

DIORITA		
PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA		FOTO ESQUEMA DE FALLA
Diámetro (mm)	55	
Altura (mm)	120	
Peso de la probeta (g):	680.765	
Carga máxima (KN)	179.618	
Relación altura/diámetro	2.18	
Área (mm²)	2375.835	
Volumen (mm³)	285100.2	
Densidad(g/cm³)	2.8	
Resistencia a Compresión (MPa)	83.927	

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 23. Características de andesita

ANDESITA		
PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA		FOTO ESQUEMA DE FALLA
Diámetro (mm)	55	
Altura (mm)	150	
Peso de la probeta (g):	685.934	
Carga máxima (KN)	127.348	
Relación altura/diámetro	2.72	
Área (mm ²)	2375.835	
Volumen (mm ³)	356375.25	
Densidad (g/cm ³)	2.6	
Resistencia a Compresión (Mpa)	79.359	

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 24. Características de andesita cristalizada

ANDESITA CRISTALIZADA		
PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA		FOTO ESQUEMA DE FALLA
Diámetro (mm)	55	
Altura (mm)	110	
Peso de la probeta (g):	688.975	
Carga máxima (KN)	100.357	
Relación altura/diámetro	2	
Área (mm ²)	2375.835	
Volumen (mm ³)	261341.85	
Densidad (g/cm ³)	2.4	
Resistencia a Compresión (Mpa)	42.784	

Fuente: elaboración propia.

Mediante la utilización del ensayo de compresión de las muestras traídas de campo, se obtuvieron lo siguiente:

Tabla N° 25. Resultado de las muestras - ensayo de compresión uniaxial

TIPO DE ROCA	PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA								
	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Peso de la probeta (g)	Carga máxima (KN)	Relación altura/diámetro	Área (mm ²)	Volumen (mm ³)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a Compresión (Mpa)
DIORITA	55	120	680.765	179.618	2.18	2375.835	285100.2	2.7	83.927
ANDESITA	55	150	685.934	127.348	2.72	2375.835	356375.25	2.8	79.359
ANDESITA CRISTALIZADA	55	110	688.975	100.357	2	2375.835	261341.85	2.6	42.784

Fuente: elaboración propia.

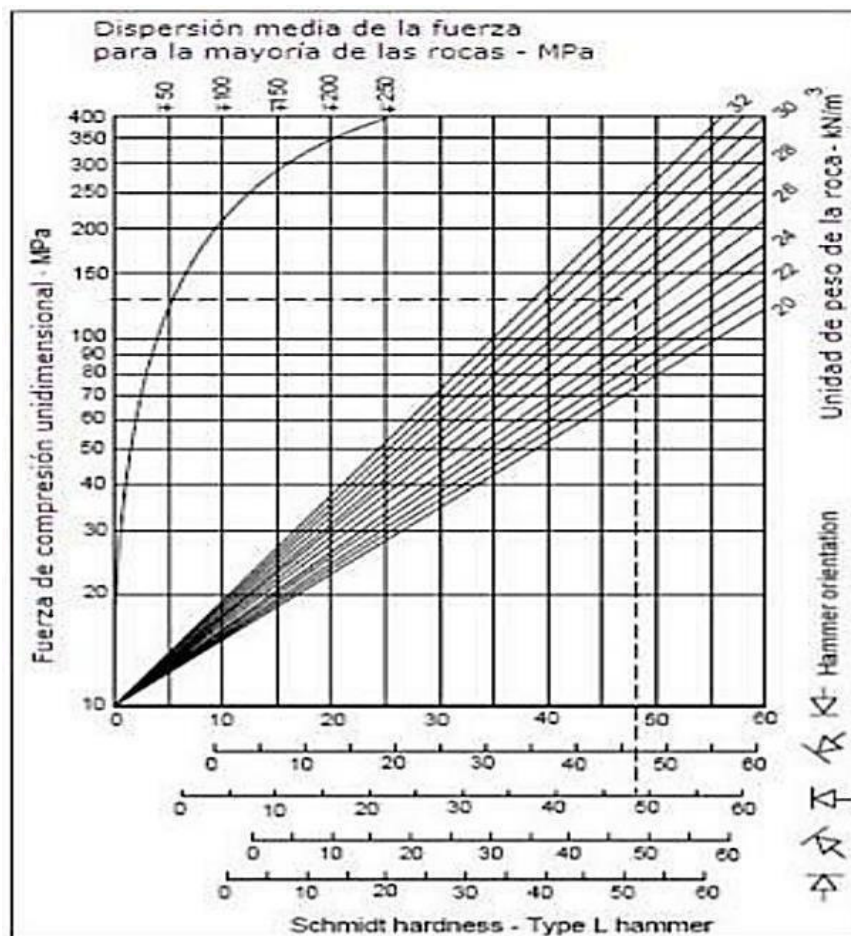
Es el primer dato obtenido con la utilización de los equipos de laboratorio en la que la primera muestra obtenida de campo, siendo la diorita se tuvo como resistencia a la compresión en MPa el valor de 83.9, mientras que la andesita tiene el valor de su resistencia 79.3 MPa y la andesita cristalizada con 42.7 MPa de resistencia a la compresión.

3.4.2. Ensayo con esclerómetro

El esclerómetro o martillo Schmidt, mide la resistencia de la superficie de la roca ensayada; estimando a partir de ello la resistencia compresión simple de la roca (RCS). Utilizado no solo en las discontinuidades, sino también en la matriz rocosa.

Para realizar este tipo de ensayo, primero se especificó las densidades de las muestras, peso específico de ellas, para después encontrar la Resistencia de compresión uniaxial de la roca mediante la utilización de Miller (1965), en la que interviene la densidad y orientación del martillo con respecto al plano de ensayo.

Gráfico N° 21. Esquema de Miller



Fuente: Hoek, Practical Rock Engineering.

Para hallar la densidad se usó la relación entre el peso de una sustancia y volumen.

Su expresión de cálculo es:

$$\rho = \frac{W_s}{V_{\text{sólido(cilindro)}}} \left[\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right]$$

ρ = El peso específico o La densidad de la sustancia
 W_s = El peso de la roca
 $V_{\text{sólido(cilindro)}}$ = El volumen de la roca

Para poder hallar el peso específico se utiliza el principio de Arquímedes y se calcula el volumen de la muestra en una probeta teniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 26. Peso específico de la roca diorita

TIPO DE ROCA	MASA	VOLUMEN DE LA ROCA	PESO ESPECÍFICO	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO G/CM3	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO KN/M3
DIORITA	116	40	2.9	2.825	27.802
DIORITA	88	32	2.75		

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 27. Peso específico de la roca andesita

TIPO DE ROCA	MASA	VOLUMEN DE LA ROCA	PESO ESPECÍFICO	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO G/CM3	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO KN/M3
ANDESITA	55	21	2.619	2.587301587	25.34
ANDESITA	46	18	2.556		

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 28. Peso específico de la roca andesita cristalizada

TIPO DE ROCA	MASA	VOLUMEN DE LA ROCA	PESO ESPECÍFICO	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO G/CM3	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO KN/M3
ANDESITA CRISTALIZADA	32.76	14	2.34	2.185	21.427
ANDESITA CRISTALIZADA	16.24	8	2.03		

Fuente: elaboración propia.

Se tomaron lecturas de los tramos de estudio con el esclerómetro, regidos por la normativa **ASTM C 805**, siendo tres tipos de roca (diorita, andesita y andesita cristalizada) en donde se obtuvo lo siguiente:

Tabla N° 29. Valores adquiridos con el esclerómetro o MARTILLO SCHMIDT.

DIORITA					
TRAMO		TRAMO		TRAMO	
10+000 km - 10+500 km	EG-01	10+500 km - 11+000 km	EG-02	11+000 km - 11+500 km	EG-03
Esclerómetro	66	66.5	69.5	69	66
	65.5	68	70.5	67.5	72.5
	68.1				

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 30. Valores adquiridos con el esclerómetro

ANDESITA							
TRAMO		TRAMO		TRAMO		TRAMO	
11+500 km - 12+250 km	EG-04	12+250 km - 13+000 km	EG-05	14+000 km - 14+500 km	EG-09	14+500 km - 15+000 km	EG-10
Esclerómetro	51.5	45.5	42	41.5	50	53.4	49.2
	60	57	49.5	47.5	47	48.2	46.6
	49.20						

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 31. Valores adquiridos con el esclerómetro de estación 06, 07 y 08.

ANDESITA CRISTALIZADA					
TRAMO		TRAMO		TRAMO	
13+000 km - 13+350 km	EG-06	13+350 km - 13+650 km	EG-07	13+650 km - 14+000 km	EG-08
Esclerómetro	34	31.5	41.5	38	43
	44.5	43.5	32.5	43.5	42.5
	39.45				

Fuente: elaboración propia.

Los valores que se han podido obtener de las diferentes muestras, se relaciona con el esquema de Miller tomando en cuenta la dureza de la roca, valor obtenido con el

martillo de Schmidt y el peso específico de las muestras, dando los siguientes valores de resistencia de a la compresión (MPa):

Tabla N° 32. Datos obtenidos mediante el esquema de Miller

TIPO DE ROCA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL (MPa)
DIORITA	252
ANDESITA	96
ANDESITA CRISTALIZADA	51

Fuente: elaboración propia.

Del total de ensayos realizados de las muestras traídas de campo, utilizó para la clasificación lo siguiente:

Tabla N° 33. Clasificación de rocas en ingeniería método de Deere y Miller

Clase	Descripción	Resistencia a compresión simple	
		MPa	kg/cm²
A	Resistencia muy alta	> 225	> 2250
B	Resistencia alta	112 - 225	1120 - 2250
C	Resistencia media	56 - 112	560 - 1120
D	Resistencia baja	28 - 56	280 - 560
E	Resistencia muy baja	< 28	< 280

Fuente: Libro Mecánica de Rocas en la Ingeniería Practica

Mediante esto, se pudo obtener entonces que:

Tabla N° 34. Valor total de resistencia a la compresión por tipo de roca.

TIPO DE ROCA	COMPRESIÓN UNIAxIAL	ESCLERÓMETRO	TOTAL (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE
DIORITA	83.927	252	167.9635	RESISTENCIA ALTA
ANDESITA	79.359	96	87.6795	RESISTENCIA MEDIA
ANDESITA CRISTALIZADA	42.784	51	46.892	RESISTENCIA BAJA

Fuente: elaboración propia.

De la obtención de los datos obtenido con el esclerómetro y la compresión uniaxial, se promedian los valores para encontrar la resistencia total de cada muestra en donde la muestra de diorita es resistencia alta, muestra de andesita tiene una resistencia media y muestra de andesita cristalizada su resistencia es baja.

Estos datos sirven para encontrar el índice de resistencia geológica (GSI), criterio de (Hoek/Brown y Mohr-Coulomb), para eso se utilizará el software Rocdata.

3.4.3. Clasificación de rotura (Hoek/Brown y Mohr-Coulomb)

Para este tipo de rotura, se utilizó el software Rocdata, en donde es necesario los valores obtenidos como la compresión uniaxial y el índice de resistencia geológica.

Se utilizó para cada estación de estudio, en dónde podemos decir que los valores ingresados son los siguientes:

Tabla N° 35. Datos que se procesaron en el software

CLASIFICACIÓN HOEK BROWN		CLASIFICACIÓN MOHR COULOMB	
Resistencia a la compresión uniaxial intacta (MPa).	Sigci	Cohesión	c
Índice de resistencia geológica.	GSI	Ángulo de fricción	phi
Parámetro dependencia de la litología de la roca	Mi	Resistencia a la tracción	sigt
Factor de perturbación	D		

Fuente: RocData- software

A continuación, se presenta el estudio por tramos mediante la utilización del RocData, ingresando los valores que se han adquirido.

Teniendo lo siguiente:

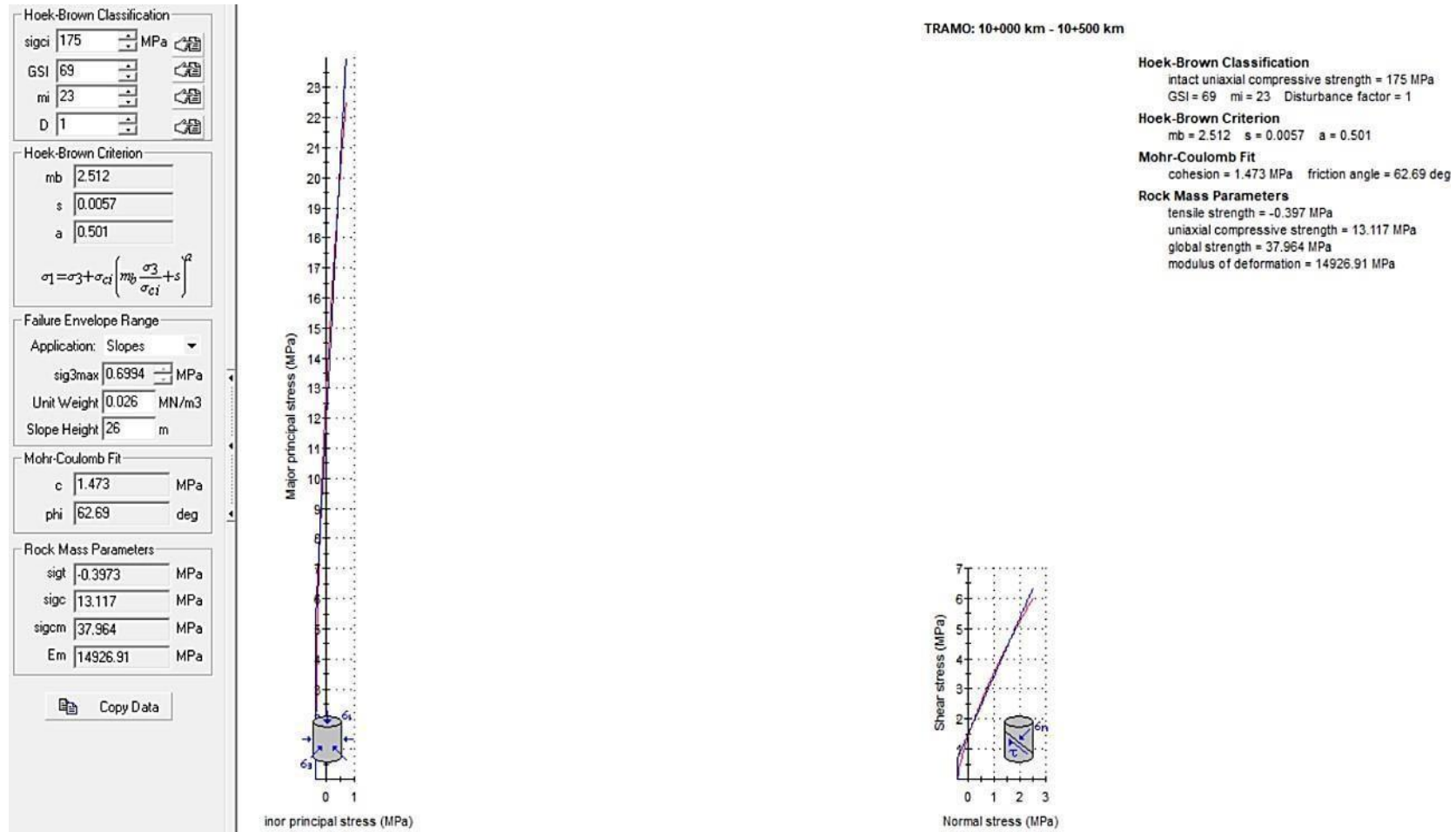


Gráfico N° 22. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 01

Fuente: RocData- software

Hoek-Brown Classification

sigci 173 MPa

GSI 68

mi 23

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 2.339

s 0.0048

a 0.502

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.6227 MPa

Unit Weight 0.026 MN/m3

Slope Height 23 m

Mohr-Coulomb Fit

c 1.330 MPa

phi 62.87 deg

Rock Mass Parameters

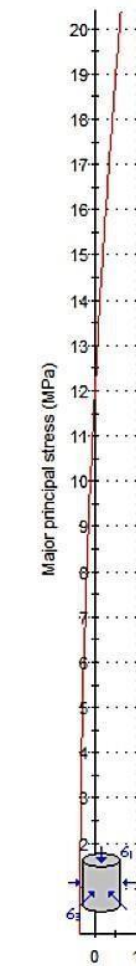
sigt -0.3571 MPa

sigc 11.920 MPa

sigcm 36.094 MPa

Em 14091.91 MPa

Copy Data



Minor principal stress (MPa)

TRAMO: 10+500 km - 11+000 km

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 173 MPa
GSI = 68 mi = 23 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 2.339 s = 0.0048 a = 0.502

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.330 MPa friction angle = 62.87 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.357 MPa
uniaxial compressive strength = 11.920 MPa
global strength = 36.094 MPa
modulus of deformation = 14091.91 MPa

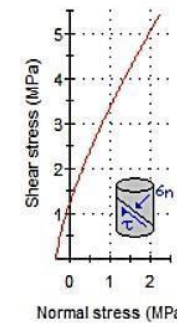


Gráfico N° 23. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 02

Fuente: RocData- software

Hoek-Brown Classification

sigci 172 MPa

GSI 63

mi 23

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 1.637

s 0.0021

a 0.502

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.6117 MPa

Unit Weight 0.026 MN/m3

Slope Height 23 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.915 MPa

phi 61.57 deg

Rock Mass Parameters

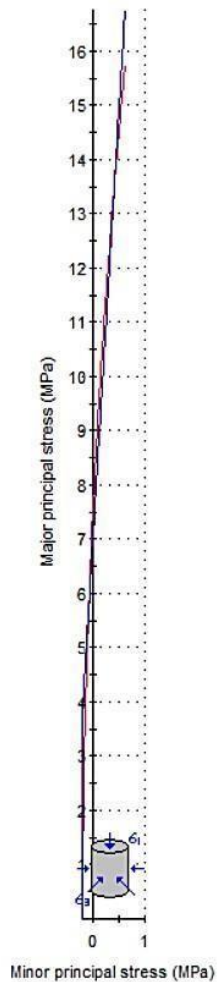
sigt -0.2205 MPa

sigc 7.768 MPa

sigcm 29.599 MPa

Em 10567.45 MPa

Copy Data



TRAMO: 11+000 km - 11+500 km

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 172 MPa

GSI = 63 mi = 23 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 1.637 s = 0.0021 a = 0.502

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.915 MPa friction angle = 61.57 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.221 MPa

uniaxial compressive strength = 7.768 MPa

global strength = 29.599 MPa

modulus of deformation = 10567.45 MPa

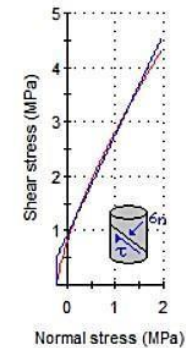


Gráfico N° 24. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 03
Fuente: RocData- software

Hoek-Brown Classification

sigci 88 MPa

GSI 48

mi 18

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 0.439

s 0.0002

a 0.507

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.5409 MPa

Unit Weight 0.026 MN/m3

Slope Height 23 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.259 MPa

phi 49.49 deg

Rock Mass Parameters

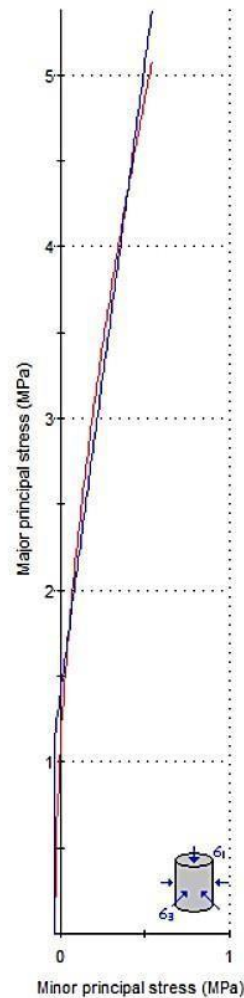
sigt -0.0345 MPa

sigc 1.091 MPa

sigcm 7.548 MPa

Em 4180.34 MPa

Copy Data



TRAMO: 11+500 km - 12+250 km

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 88 MPa
GSI = 48 mi = 18 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.439 s = 0.0002 a = 0.507

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.259 MPa friction angle = 49.49 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.035 MPa
uniaxial compressive strength = 1.091 MPa
global strength = 7.548 MPa
modulus of deformation = 4180.34 MPa

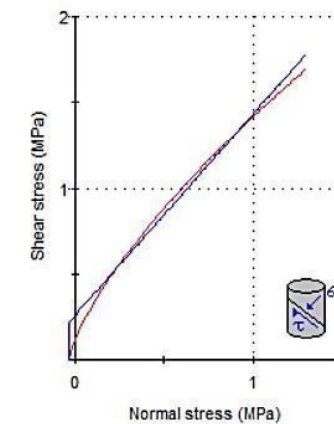


Gráfico N° 25. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 04

Fuente: RocData- software

Hoek-Brown Classification

sigci 89 MPa

GSI 56

mi 18

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 0.777

s 0.0007

a 0.504

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.5567 MPa

Unit Weight 0.026 MN/m3

Slope Height 23 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.382 MPa

phi 53.57 deg

Rock Mass Parameters

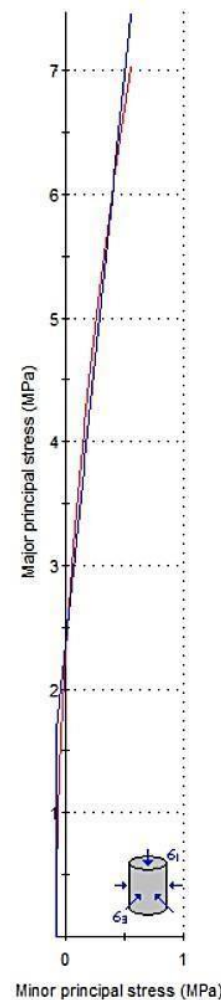
sigt -0.0749 MPa

sigc 2.213 MPa

sigcm 10.397 MPa

Em 6662.93 MPa

Copy Data



TRAMO: 12+250 km - 13+000 km

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 89 MPa
GSI = 56 mi = 18 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.777 s = 0.0007 a = 0.504

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.382 MPa friction angle = 53.57 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.075 MPa
uniaxial compressive strength = 2.213 MPa
global strength = 10.397 MPa
modulus of deformation = 6662.93 MPa

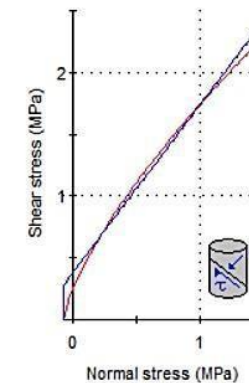


Gráfico N° 26. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 05
Fuente: RocData- software

Hoek-Brown Classification

sigci 41 MPa

GSI 39

mi 8

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 0.103

s 3.84e-5

a 0.512

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.4710 MPa

Unit Weight 0.026 MN/m3

Slope Height 23 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.104 MPa

phi 31.52 deg

Rock Mass Parameters

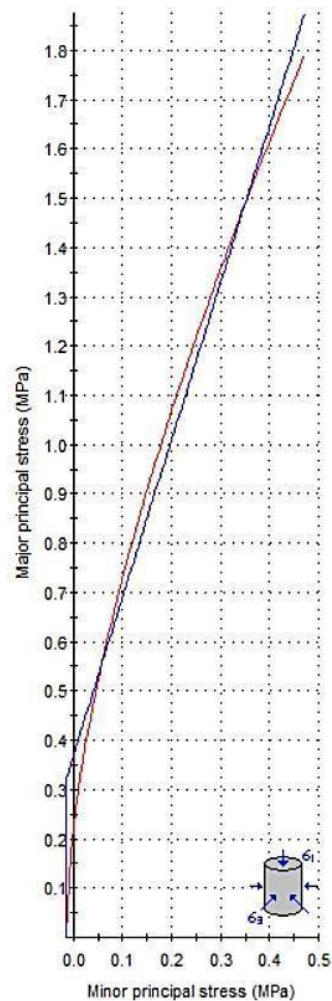
sigt -0.0154 MPa

sigc 0.225 MPa

sigcm 1.621 MPa

Em 1699.66 MPa

Copy Data



TRAMO: 13+000 km - 13+350 km

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 41 MPa
GSI = 39 mi = 8 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.103 s = 3.84e-5 a = 0.512

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.104 MPa friction angle = 31.52 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.015 MPa
uniaxial compressive strength = 0.225 MPa
global strength = 1.621 MPa
modulus of deformation = 1699.66 MPa

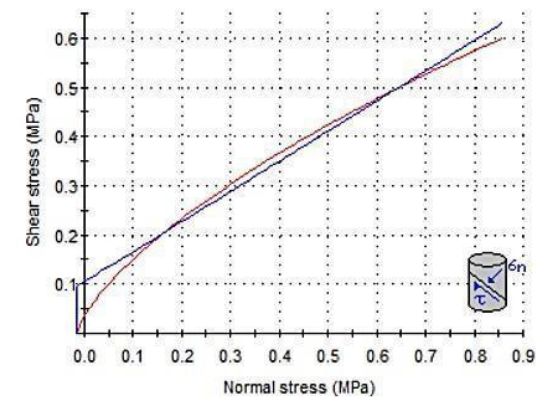


Gráfico N° 27. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 06
Fuente: RocData- software

Hoek-Brown Classification

sigci 39 MPa

GSI 40

mi 8

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 0.110

s 4.54e-5

a 0.511

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.4707 MPa

Unit Weight 0.026 MN/m3

Slope Height 23 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.106 MPa

phi 31.80 deg

Rock Mass Parameters

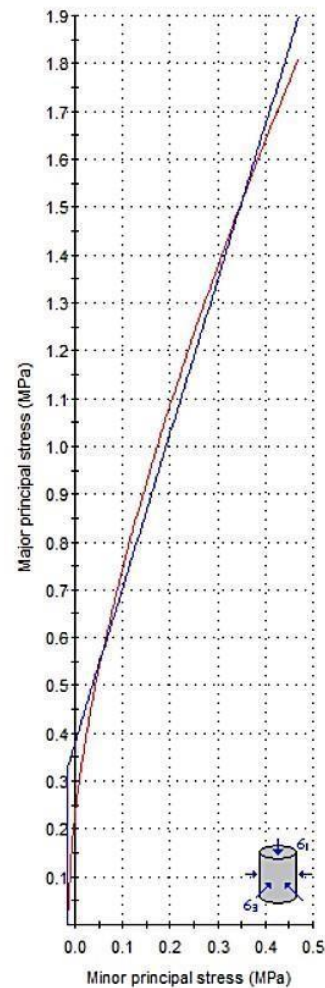
sigt -0.0161 MPa

sigc 0.235 MPa

sigcm 1.609 MPa

Em 1755.91 MPa

Copy Data



TRAMO: 13+350 km - 13+650 km

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 39 MPa
GSI = 40 mi = 8 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.110 s = 4.54e-5 a = 0.511

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.106 MPa friction angle = 31.80 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.016 MPa
uniaxial compressive strength = 0.235 MPa
global strength = 1.609 MPa
modulus of deformation = 1755.91 MPa

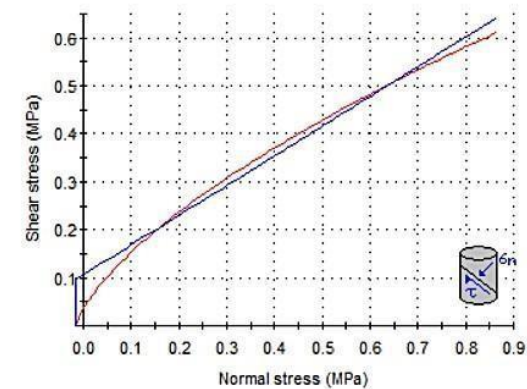


Gráfico N° 28. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 07
Fuente: RocData- software

Hoek-Brown Classification

sigci 35 MPa

GSI 39

mi 8

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 0.103

s 3.84e-5

a 0.512

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(mb \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.4643 MPa

Unit Weight 0.026 MN/m3

Slope Height 23 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.097 MPa

phi 30.39 deg

Rock Mass Parameters

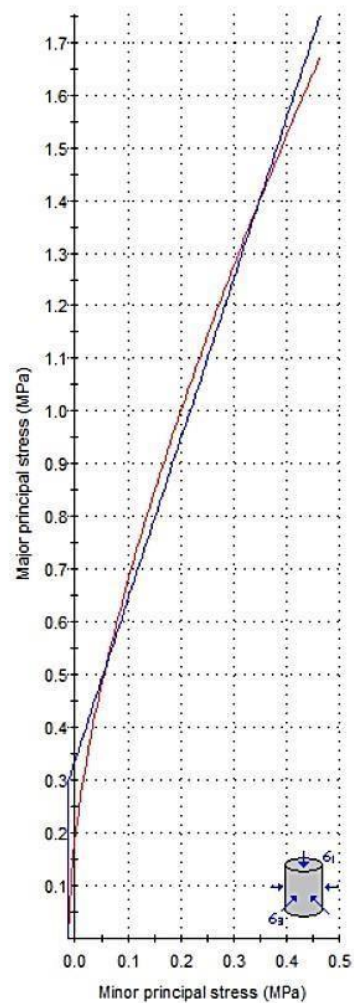
sigt -0.0131 MPa

sigc 0.192 MPa

sigcm 1.384 MPa

Em 1570.38 MPa

Copy Data



TRAMO: 13+650 km - 14+000 km

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 35 MPa
GSI = 39 mi = 8 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.103 s = 3.84e-5 a = 0.512

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.097 MPa friction angle = 30.39 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.013 MPa
uniaxial compressive strength = 0.192 MPa
global strength = 1.384 MPa
modulus of deformation = 1570.38 MPa

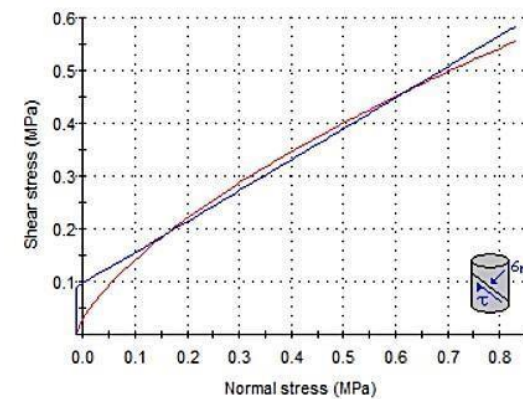


Gráfico N° 29. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 08
Fuente: RocData- software

Hoek-Brown Classification

sigci 88 MPa

GSI 56

mi 18

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 0.777

s 0.0007

a 0.504

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.5562 MPa

Unit Weight 0.026 MN/m3

Slope Height 23 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.380 MPa

phi 53.51 deg

Rock Mass Parameters

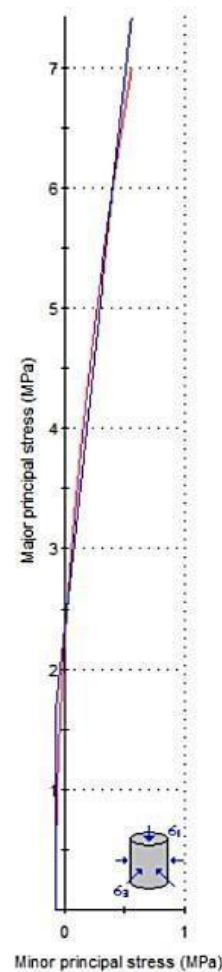
sigt -0.0740 MPa

sigc 2.188 MPa

sigcm 10.281 MPa

Em 6625.39 MPa

Copy Data



TRAMO: 14+000 km - 14+500 km

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 88 MPa

GSI = 56 mi = 18 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.777 s = 0.0007 a = 0.504

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.380 MPa friction angle = 53.51 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.074 MPa

uniaxial compressive strength = 2.188 MPa

global strength = 10.281 MPa

modulus of deformation = 6625.39 MPa

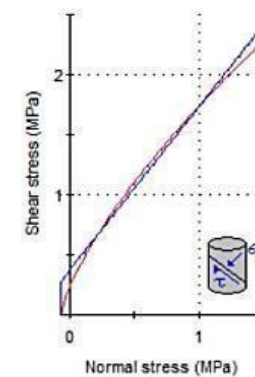


Gráfico N° 30. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 09

Fuente: RocData- software

Hoek-Brown Classification

sigci 89 MPa

GSI 60

mi 18

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 1.034

s 0.0013

a 0.503

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.5645 MPa

Unit Weight 0.026 MN/m3

Slope Height 23 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.479 MPa

phi 55.30 deg

Rock Mass Parameters

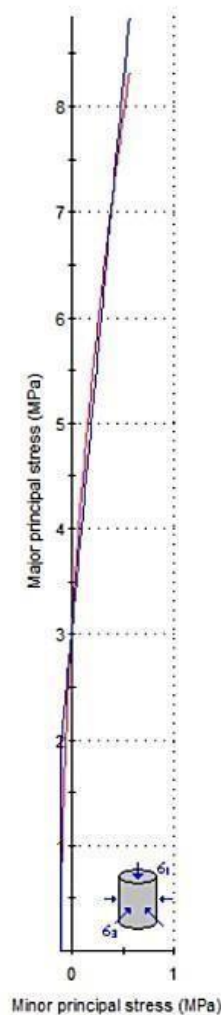
sigt -0.1096 MPa

sigc 3.115 MPa

sigcm 12.122 MPa

Em 8388.13 MPa

Copy Data



TRAMO: 14+500 km - 15+000 km

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 89 MPa
GSI = 60 mi = 18 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 1.034 s = 0.0013 a = 0.503

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.479 MPa friction angle = 55.30 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.110 MPa
uniaxial compressive strength = 3.115 MPa
global strength = 12.122 MPa
modulus of deformation = 8388.13 MPa

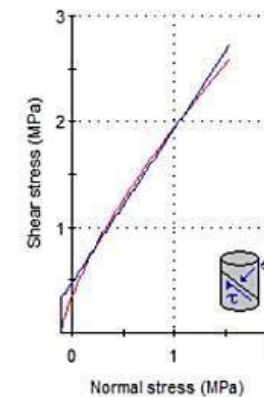


Gráfico N° 31. Datos procesados en el software de la estación geom. N° 10
Fuente: RocData- software

Después de procesar los datos, se obtuvo lo siguiente:

Tabla N° 36. Valores totales por tramo de estudio- Clasificación Hoek Brown

TRAMO		mb	S	a
10+000 km - 10+500 km	EG-01	2.512	0.0057	0.501
10+500 km - 11+000 km	EG-02	2.339	0.0048	0.502
11+000 km - 11+500 km	EG-03	1.637	0.0021	0.502
11+500 km - 12+250 km	EG-04	0.439	0.0002	0.507
12+250 km - 13+000 km	EG-05	0.777	0.0007	0.504
13+000 km - 13+350 km	EG-06	0.103	3.84 e-5	0.512
13+350 km - 13+650 km	EG-07	0.11	4.54 e-5	0.511
13+650 km - 14+000 km	EG-08	0.103	3.84 e-5	0.512
14+000 km - 14+500 km	EG-09	0.777	0.0007	0.504
14+500 km - 15+000 km	EG-10	1.034	0.0013	0.503

Fuente: RocData- software, elaboración propia.

Tabla N° 37. Valores totales por tramo de estudio- Clasificación Mohr-Coulomb

TRAMO		COHESIÓN (MPa)	COHESIÓN (t/m ²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN	MODULO DE DEFORMACIÓN
10+000 km - 10+500 km	EG-01	1.473	150.20	62.69	14926.91
10+500 km - 11+000 km	EG-02	1.33	135.62143	62.87	14091.91
11+000 km - 11+500 km	EG-03	0.915	93.303465	61.57	10567.45
11+500 km - 12+250 km	EG-04	0.259	26.410489	49.49	4180.34
12+250 km - 13+000 km	EG-05	0.382	38.952922	53.57	6662.93
13+000 km - 13+350 km	EG-06	0.104	10.604984	31.52	1699.66
13+350 km - 13+650 km	EG-07	0.106	10.808926	31.8	1755.91
13+650 km - 14+000 km	EG-08	0.097	9.891187	30.39	1570.38
14+000 km - 14+500 km	EG-09	0.38	38.74898	53.51	6625.39
14+500 km - 15+000 km	EG-10	0.479	48.844109	55.3	8388.13

Fuente: RocData- software, elaboración propia.

3.4.4. Factores a tener en cuenta para el diseño de taludes

Para el diseño de taludes, se debe considerar la zona sísmica en la que se encontró ubicada el lugar de estudio y el clima. Al obtener estos datos, se utilizó el programa Swedge, en donde, mediante este se insertaron los datos antes obtenidos con el Dips pues la única finalidad de obtener el factor de seguridad. Ver anexo N° 15.

3.4.4.1. Factor Sísmico

En la región de la Libertad, los peligrosos geológicos que existen en esa zona es a consecuencia de la ubicación de alta sismicidad (zona 4) en la que se encuentra la región. Los tramos de estudio (Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000) tienen un factor de 0.45, como lo indica la siguiente imagen y tabla de clasificación.

Imagen N° 1. Mapa de zonificación

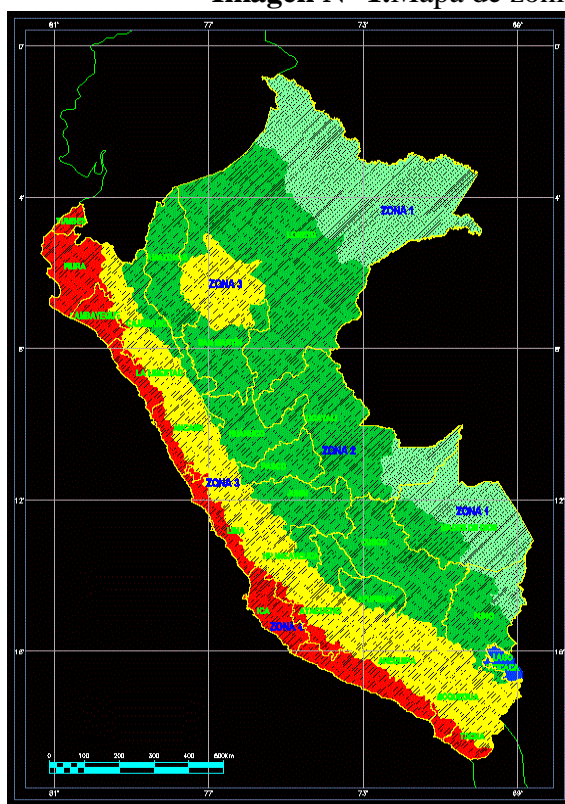


Tabla N° 38. Valor de sismicidad

Zona		
	1	0.1
	2	0.25
	3	0.35
	4	0.45

Fuente: GEOGPSPERU

3.4.4.2. Clima de la zona

En el distrito de Otuzco, en el cambio de estación existe una ligera lluvia y también se presencia estas lluvias en los meses de octubre a mayo (116 mm), siendo el mes de julio el más seco (2 mm); lo cual nos indica que es zona húmeda y con temperatura máxima 21.2 °C. Tomamos el valor 1.6 para el programa aejecutar.

Tabla N° 39. Temperatura y precipitación de Otuzco

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	14.5	14.1	14.1	13.5	12.5	11.7	11.7	11.8	12.5	13.1	13.1	13.6
Temperatura min. (°C)	7.8	7.6	7.5	6.8	4.7	2.8	2.7	3.2	4.4	5.8	5.6	6.2
Temperatura máx. (°C)	21.2	20.6	20.7	20.3	20.4	20.7	20.8	20.5	20.7	20.5	20.7	21.1
Precipitación (mm)	70	82	116	46	14	5	2	5	11	34	23	32

Fuente: ClimaData.

Los datos adquiridos para encontrar el factor de seguridad se ingresan quedando de la siguiente manera:

Data N° 1. Valores a ingresar, clima y coeficiente sísmicidad

Fuente: Rocscience- Swedge

Después de ello, se utilizaron los valores ya encontrados anteriormente como el buzamiento que al momento de interceptarse han generado cuña realizado con Dips, también la cohesión, del talud la altura, el ángulo del macizo rocoso (fricción) y la densidad de las muestras obtenidas encontradas con el software Rocdata.

Tabla N° 40. Valores totales obtenidas en el software.

Caract. De la cuña Tramos	Factor de seguridad	Altura de cuña	Ancho de la cuña	Volumen de cuña	Peso de cuña	Área de cuña (1)	Área de cuña (2)	Área de la cuña (pendiente)
EG-01	4.1759	23 m	18.3079 m	4386.12m ³	18665.1 toneladas	459.218 m ²	1142.81 m ²	667.305 m ²
EG-04	1.801	23 m	11.6007 m	281.92m ³	732.991 toneladas	239.154 m ²	161.235 m ²	74.9451m ²
EG-06	1.049	23 m	4.68826 m	883.703m ³	1944.15 toneladas	875.516 m ²	86.1854 m ²	667.087m ²
EG-07	0	23 m	50.6081 m	60942.2 m ³	134073 toneladas	2539.56 m ²	12474 m ²	3895.32m ²
EG-08	0.2909	23 m	34.1562 m	30321.3 m ³	66706.8 toneladas	417.013 m ²	7917.01 m ²	3932.59m ²
EG-09	2.663	23 m	40.9137 m	6452.37 m ³	16776.2 toneladas	3321.57 m ²	219.382m ²	1038.93m ²

Fuente: Rocscience- Swedge

De acuerdo al análisis establecido mediante el software, se tiene en consideración el factor de seguridad, siendo este coeficiente < 1.25 , esto indica que el talud no es estable y si es coeficiente es mayor a 1.25, entonces es estable y no necesita sostenimiento.

Para los tramos de estudio que se detallan en la tabla, son tres estaciones geomecánicas que pueden presentar deslizamiento de roca, de acuerdo a los valores obtenidos, es por ello, se prosiguió a plantear dos métodos de estabilidad para dichos tramos.

3.5. Plantear medidas de estabilización en la carretera Trujillo - Otuzco km10+000 al km15+000.

Se plantean dos métodos para la estabilidad de taludes en los tramos que presentan déficit, estos son:

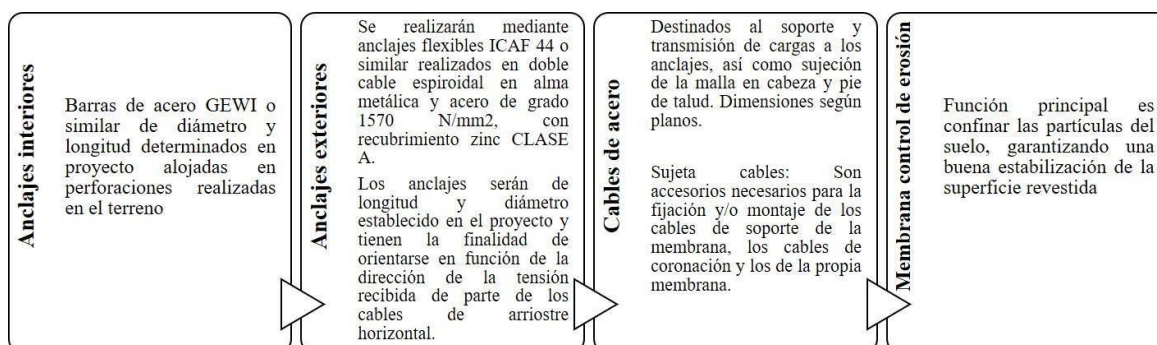
3.5.1. Malla de protección:

La malla hexagonal será de alambre de doble trenzado del tipo 8 x10, de 2,7 mm de diámetro (EN 10218-2 & EN 10223-3) con un revestimiento tipo Galmac Plus Zn90A110 o equivalente, galvanizado Clase A según EN 10244-2 (peso de galvanizado superior a 245g/m²) y con un recubrimiento de PVC continuo de espesor nominal de 0,5 mm. Los cables de acero, insertados en la malla durante la producción, tendrán un diámetro nominal de 6 mm (diámetro total del cable incluyendo el recubrimiento de PVC: 8 mm) y el cable de trenzado será del tipo "6x7WC - WSC" según se describe en las normas EN 12385-2 2008 y EN 12385-4 2008, con una resistencia nominal a rotura del alambre de 1770 N/mm² y carga de rotura mínima del cable de 40,7 kN según se define en la norma EN 12385-4 2008, con revestimiento tipo Galmac Plus o equivalente de aleación Zinc-Aluminio (Zn90A1 1 O) Clase A de acuerdo con EN 10244-2 y recubrimiento de PVC.

Los requisitos técnicos que debe de cumplir el Geocompuesto Steelgrid HR 50 PVC o equivalente se resumen en la siguiente tabla:

Resistencia a la tracción (Longitudinal – UNI 11347)	90 kN/m
Elongación (Longitudinal – UNI 11347)	7 %
Desplazamiento a 105 kN de fuerza de punzonamiento (UNI 11347 con muestra de 3x3)	<450 mm
Máxima fuerza de punzonamiento (UNI 11437 con muestra de 3x3)	105 kN

3.5.1.1. Los componentes, para este tipo de sostenimiento son:



3.5.1.2. Equipos y mano de obra a utilizar

El equipo que se utiliza, es un camión con un brazo articulado o también llamado plataforma elevadora de 16 m de altura y con una carga máxima de 260 kg.

Se necesita también para esto un Ingeniero que vele por salud y seguridad de la realización de cualquier obra, también obreros que aporten para el desarrollo de este proceso.

3.5.1.2. Costos

Para esto, se tomó en consideración los tramos de estudio, con los elementos correspondientes que complementan a este tipo de sostenimiento, tomando en cuenta también la mano de obra y otros gastos.

Para realizar el siguiente cuadro de costos se halló primero el área completa sumando las tres estaciones geomecánicas donde se encontraron posibles desprendimientos de roca; las áreas son:

TRAMOS QUE REQUIEREN SOSTENIMIENTO							
N° ESTACIÓN	DEL TRAMO	COORDENADAS WGS 84		AL TRAMO	COORDENADAS WGS 84		DISTANCIA
		ESTE	NORTE		ESTE	NORTE	
6	13+250 km.	758655	9117334	13+270 km.	758624	9117305	20 m
7	13+360 km	758538	9117222	13+370 km	758512	9117208	10 m
8	13+680 km	758403	9117189	13+690 km	758332	9117180	10 m
TOTAL							40 m
ÁREA TOTAL							800 m ²

Tabla N° 41. Costos totales.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Malla Electrosoldada 2.5x40x3.43	<i>m²</i>	8	S/.775.00	S/.6,200.00
Barras de Acero Ø 3/8"	-	10	S/.180.00	S/.1,800.00
Barras de Acero Ø 1/2"	-	10	S/.195.00	S/.1,950.00
Camión con cesta elevadora de brazo articulado	<i>h</i>	1	S/.400.00	S/.4,000.00
Ingeniero civil	<i>día</i>	1	S/.120.00	S/.1,200.00
Ingeniero de seguridad	<i>día</i>	1	S/.95.00	S/.950.00
Obreros	<i>día</i>	2	S/.60.00	S/.120.00
Otros costos	<i>S/.</i>	-	S/.1,000	S/.1,000
TOTAL				S/.17,220.00

.Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Shotcrete (concreto lanzado)

Es la mezcla “preconfeccionada” de áridos, cemento y agua, además de complementos como materiales finos, aditivos químicos y fibras de refuerzo, y son estos complementos los que brindan prestaciones técnicas en obra, siendo de esta manera en vía seca o húmeda. Hoy en día, los complementos adicionales a la mezcla de concreto lanzado son de alta tecnología, tales como: acelerantes, adiciones y fibras de refuerzo que dan importantes ventajas al shotcrete, entre ellas: una mayor consistencia, resistencia temprana en estado fresco, y resistencia a la compresión y durabilidad en su estado endurecido. Y es que el objetivo de los aditivos y las fibras es darle un aporte adicional de resistencia y durabilidad al concreto lanzado en sí, debido a que el concreto es un material muy resistente a la contracción, pero sumamente frágil a esfuerzos de tracción y flexotracción.

3.5.2.1. Procedimiento del concreto lanzado

Calidad de insumos

Dosificación, mezclado y verificación de concreto en estado fresco.

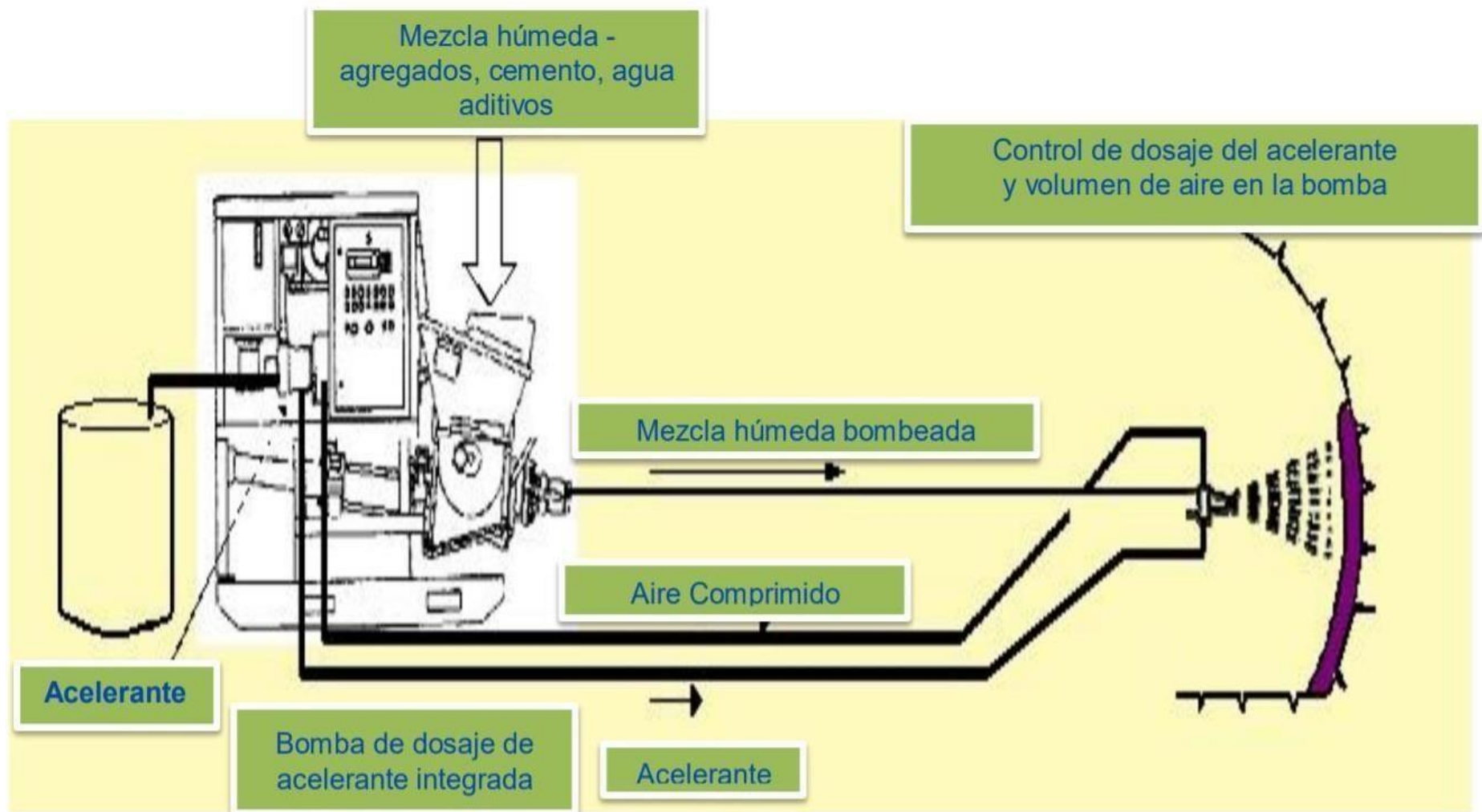
Transporte y colocación del concreto lanzado (verificación: %rebote, adherencia y durabilidad).

El concreto al ser proyectado de manera neumática, hace que la superficie del estrato se compacte, rellenando fisuras con el fin de evitar el desprendimiento de rocas en los tramos de estudio. Pues así este sostenimiento sirve para crear ‘anclaje de sujeción’.

Para ello se plantea realizar shotcrete por vía húmeda siendo el más eficiente en los diferentes proyectos, teniendo ventajas como:

- En el ambiente de trabajo, generar poca polución.
- Mayor sostenimiento, siendo dos veces más que por vía seca y también mayor avance de sostenimiento en una labor.
- Recomendado en zonas donde presencia macizo rocoso de mala calidad, haciendo uno de un brazo robótico que alcanza 8m de altura brindando seguridad al personal.

Gráfico N° 32. Aplicación del método de sostenimiento por shotcrete (vía húmeda)



Fuente: INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERÚ- SHOTCRETE VÍA HÚMEDA

3.5.2.2. Equipo y mano de obra

Para llevar acabo esto, es necesario los equipos y mano de obra, para este tipo de sostenimiento es el camión Mixer, tiene como función principal elaborar el concreto dando una mezcla homogénea. Se clasifican según el tipo de motor, siendo eléctricas, diésel y gasolina; y según el tipo de mezcladora son fijas y semifijas, mezcladora industrial y las móviles (Mixers).

3.5.2.3. Costos

De acuerdo a los tramos de estudio, se pudo determinar que tres son las estaciones que requieren sostenimiento con concreto lanzado, para ello se toma en cuenta la distancia y la altura correspondiente. Para llevar un buen análisis, se debe tener en cuenta los costos operativos, son dados por el transporte del Mixer hacía el lugar específico, también por la elaboración del concreto, el lanzado con Robot; lo precios son:

Tabla N° 42. Costos totales.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Cemento	Kg	400	S/.13.80	S/.5,520.00
Arena	m ³	266	S/.14.00	S/.3,724.00
Glenium	-	200	S/.23.00	S/.4,600.00
Fibra metálica	Kg	160	S/.12.00	S/.1,920.00
Fibra sintética	Kg	160	S/.13.50	S/.2,160.00
Aditivo superplastificante	Kg	6	S/.23.30	S/.139.80
Aditivo aceletante de fragua	Kg	6	S/.23.80	S/.142.80
Agua	Lt	40.8	S/.3.00	S/.122.40
Alquiler de mixer	-	-	S/.80.00	S/.640.00
Supervisor de obra	día	1	S/.120.00	S/.2,520.00
Ingeniero de seguridad	día	1	S/.95.00	S/.760.00
Operador de bomba de robot	día	1	S/.65.00	S/.520.00
Operador de robot		1	S/.55.00	S/.440.00
Operarios		2	S/.50.00	S/.1,000.00
Otros costos	S/.	-	S/.1,000.00	S/.1,000.00
TOTAL				S/.25,209.00

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo planteado con los tipos de sostenimiento para el deslizamiento de roca, los precios totales de estos son:

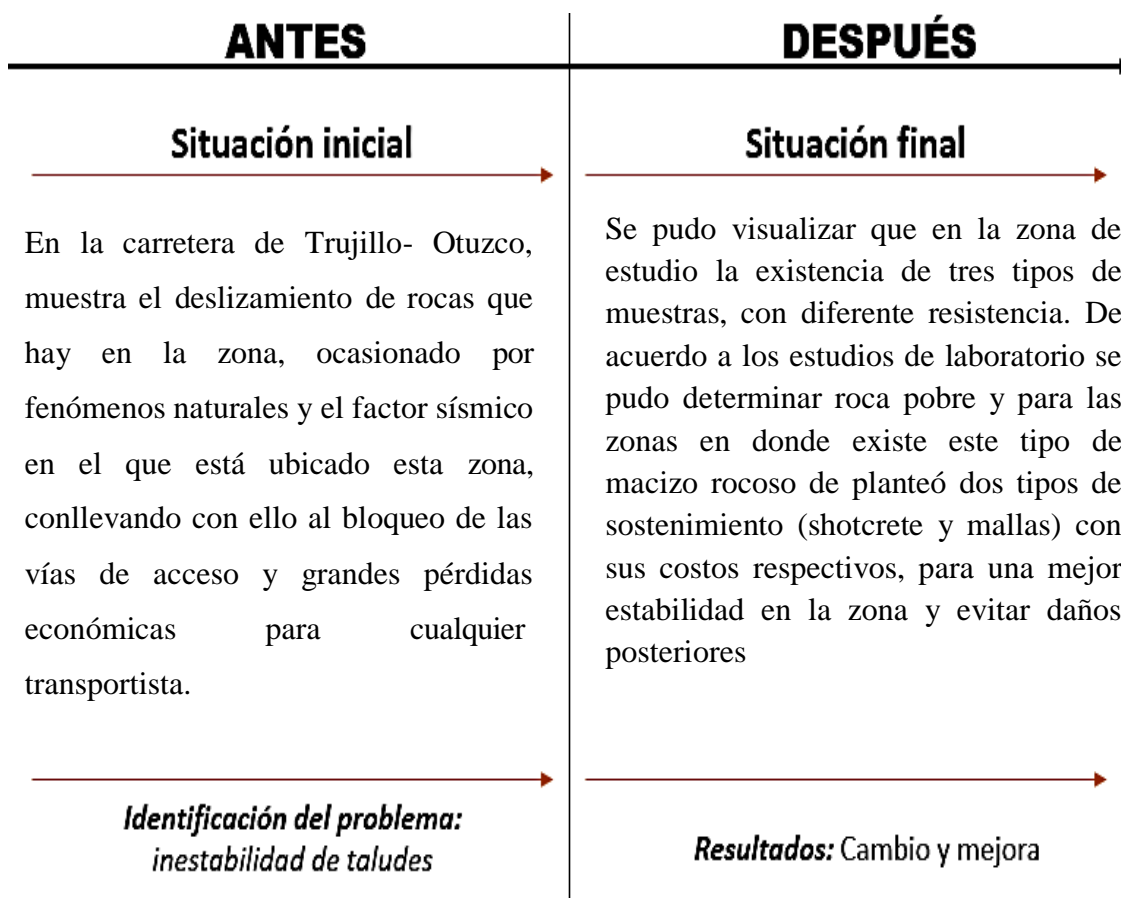
Tabla N° 43. Costo de sostenimiento total

TIPO DE SOSTENIMIENTO	PRECIO TOTAL	TIEMPO
MALLA	S/.17,220.00	10 días
SHOCRETE	S/.25,209.00	8 días

Fuente: Elaboración propia

Estos costos son dados en total por los tramos de deslizamiento que se visualiza en la zona y de acuerdo a estos costos es donde ya se puede plantear el más adecuado y aplicarlo en las diferentes zonas vulnerables. Ver anexo N° 16.

Gráfico N° 33. Comparación de la situación real con la propuesta establecida



Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

Los resultados comprueban la hipótesis planteada que, si se realiza el estudio geomecánico entonces, se podrá determinar el tipo de sostenimiento adecuado en taludes ya que mediante el análisis de cada clasificación geomecánica permite dar conocimiento de las diferentes características y sucesos naturales que se presenta en el macizo rocoso (calidad) existiendo roca pobre, regular y buena; por ende se está de acuerdo con lo planteado en la investigación de Núñez en el año 2016 indicando que los riesgos son dados por fenómenos naturales, ocasionando el deslizamiento de material rocoso; para ello él planteó realizar capacitaciones y estudios de la zona, puesto que, se puede brindar mejoras sin esperar daño alguno.

Se tiene lo expuesto por Valeriano en el 2015 quién planteó métodos para la estabilidad de taludes, siendo el método cinemático o estereográfico, método equilibrio limite y el método numérico, a comparación de este trabajo en donde se visualizó la geología regional y local de las zonas, identificando las fallas, juntas y familias de discontinuidades para así encontrar el posible desprendimiento de macizo rocoso.

Nos indicó Tarillo en el 2018 que para determinar el tipo de falla es importante realizar una previa visualización del lugar y así mismo realizar la toma de datos y obtención de muestras para la realización de los ensayos en laboratorio, es por ello que cuando se realizó la toma de datos con respecto al buzamiento y dirección de buzamiento, dichos datos sirvieron para encontrar los tipos de fallas que existen a lo largo del tramo de estudio en la carretera, encontrando 7 estaciones con fallas por cuña y 3 estaciones sin fallamiento, siendo estables.

En la clasificación geomecánica, se evaluó la resistencia, espaciamiento de las discontinuidades, la persistencia, rugosidad y otros; dichos parámetros consignan un valor determinado para finalmente sumarlos y obtener un índice numérico, donde se obtuvo macizos rocos de calidad buena, regular y pobre. Esta importancia se confirmó con Sackschewski, en el 2017, pretendiendo determinar zonas vulnerables utilizando el análisis geológico-geotécnico basándose en la clasificación de Bieniawski.

A comparación por lo expuesto de Morales en el 2009, donde planteó los ensayos carga puntual, ensayo de compresión uniaxial y triaxial para mejorar el ángulo del talud sin considerar alguna normativa; pues en el desarrollo se planteó los ensayos de compresión

uniaxial y para que se sean datos exactos se utilizó el software RocData (ensayo triaxial), siguiendo la normativa para la correcta realización el American Society For Testing and Materials (ASTM) teniendo la misma eficacia de los ensayos que planteo el autor antes mencionado.

Finalmente, Lara en el 2007 estableció una metodología básicamente en la evaluación del peligro ante movimiento de masa y escenarios climáticos. Considerando también esta metodología en la investigación donde el factor sísmico y el clima al que pertenece la zona de estudio, analizándolos por medio del software Swedge donde presentó tres estaciones geomecánicas con presencia de deslizamiento de roca, es por ello, se prosiguió a plantear dos métodos de estabilidad siendo el de mallas de protección y el Shotcrete, con respectivos costos.

V. CONCLUSIONES

1. Al realizar el estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de taludes en la carretera, se llegó a la conclusión que mediante un buen análisis y la utilización de guías de clasificación geomecánica se pudo deducir que, de los tramos de estudio, tres de ellos son los que requieren un tipo de sostenimiento ya que el tipo de roca que se encuentran es poca resistencia y, por ende, es propenso al deslizamiento de roca. Para ello se planteó el método de sostenimiento.
2. La geología de la zona de estudio, carretera Trujillo-Otuzco en donde la columna estratigráfica regional en los cuadrángulos comprende una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas que en edad van desde el Jurásico superior hasta el Cuaternario reciente. Las rocas que afloran en la zona se encuentran afectadas por fallas de tipo inverso, este fallamiento es el más importante donde se inclina hacia el SW coincidiendo con la asimetría de los pliegues y por fallas de tipo normal.
3. Mediante el uso de una brújula se tomaron los datos como el buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades equivalente en la zona, para ello se dividieron en 10 estaciones de estudio cada una con distancias y número de datos diferentes. Posterior a ello se procesó la data para encontrar las familias de discontinuidades y ubicar el tipo de falla existente en cada tramo.
4. A través de las clasificaciones geomecánicas aplicadas, se pudo encontrar variedad del tipo de roca en los diferentes tramos, siendo roca buena las primeras estaciones de estudio, roca regular y pobre en la estación 06, 07 y 08.
5. A partir de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras traídas de campo, se pudo concluir que estas son; diorita, andesita y andesita cristalizada. Para esto se trabajó con el ensayo uniaxial y con el esclerómetro.
6. Se pudo determinar que tres de las estaciones mediante el factor de seguridad que se obtuvo un coeficiente menor a 1.25, indicando que requiere sostenimiento y es por ello que se planteó al sostenimiento por mallas y concreto lanzado en relación a costos se tomó en cuenta mano de obra, precios de los elementos, alquiler de equipos que ayudan estos tipos de sostenimiento y un ingeniero de seguridad, siendo un valor aproximado

de S/. 17 220.00 en un tiempo de 10 días, mientras que el concreto lanzado o Shotcrete es un valor de S/. 25 209.00 en 8 días.

VI. RECOMENDACIONES

1. El desarrollo de esta investigación está dado para que pueda servir de ayuda a las diferentes empresas dedicadas a este rubro, en donde se recomienda que previo a la ejecución de obras se debe realizar el mapeo geológico geomecánico de la zona para conocimiento del tipo de material rocoso y reconocer los posibles desprendimientos de macizo rocoso.
2. A la Municipalidad Regional se recomienda tener más consideración con los pobladores que se encuentran cercanos al tramo de estudio donde presenta inestabilidad de talud ya que se encuentran más vulnerables ante cualquier suceso y tomar en cuenta el análisis realizado junto con la propuesta brindada, detallando los costos dados de las diferentes propuestas de sostenimiento ya que son datos reales y la problemática no es ajena.
3. Se recomienda también a la Universidad, tener cuidado con el uso que puedan dar a los equipos de laboratorios, ya que se encontró déficit para el desarrollo, pero se pudo manejar y es muy importante tener este ambiente al 100% ya que contribuye con el conocimiento de cada alumno.
4. Finalmente, a las personas que tienen como problema principal la inestabilidad de taludes sugerirles que sean muy cuidadosos en los datos ya que se utilizó las tablas de clasificación geomecánica y mediante un buen análisis se pretende brindar solución para evitar el desprendimiento teniendo en consideración el factor sísmico, el clima y factores ambientales (agua).

VII. REFERENCIAS

ALMAGUER, Yuri y GUARDADO, Rafael. Análisis de estabilidad de taludes a partir de la evaluación geomecánica del macizo serpentinitico del yacimiento Punta Gorda, Moa, Holguín, Cuba. Tesis (Título de ingeniero de minas). Cuba: Instituto Superior Minero y Metalúrgico de Moa, 2003. Disponible en <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1695/AlmaguerGuardadoA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ALVARADO, Alan y CORNEJO, Alfonso. Esatabilización de taludes en la Costa Verde - Callao. Tramo Av. Santa Rosa - Jr. Virú. (1.3Km). Tesis (título Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad San Martín de Porres, 2014. Disponible en <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/1047>

ARAGON, Ismael. Desprendimiento de Rocas en Laderas. Tesis (Trabajo de grado para la obtención del grado de Maestría en Ingeniería). Medellín: Universidad Eafit, 2014. Disponible en https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4491/IsmaelFernando_ArangoVelez_2014.pdf;sequence=2

ASENCIOS, Jean y ATO, María. Propuesta metodológica para la evaluación semicuantitativa de riesgo de desastres con fines de ordenamiento territorial, en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Áncash. Tesis (Título Profesional de Ingeniero de Geógrafo). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015. Disponible en file:///C:/Users/USER/Desktop/Ascencio_bj.pdf

BHAGABAN, MarndI. Stability of slopes in iron ore mines. Thesis (Bachelor of Technology In Mining Engineering). Rourkela: National Institute Of Technology, 2011. Disponible en <http://ethesis.nitrkl.ac.in/2608/1/107MN018.pdf>.

CASTRO, Álvaro. Técnicas de protección de taludes viales utilizadas en la zona Central de Chile. Tesis (Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2010. Disponible en file:///G:/cf-castro_al.pdf

CERDAS, Jhonatan. Uso de la clasificación geomecánica utilizando el método RMR para la estimación preliminar de los requerimientos de sostenimiento de taludes en el Cerro La Potra del proyecto hidroeléctrico Bajo Frio, República de Panamá. Tesis (para

optar el grado de licenciatura en ingeniería en construcción). Costa Rica: instituto tecnológico de costa rica, escuela de ingeniería en construcción, 2013. Disponible en file:///C:/Users/USER/Desktop/aab.pdf

CHÁVEZ, Miguel. Incidencia del agua en los procesos de inestabilidad de taludes y laderas en el centro y norte de la ciudad de Guayaquil. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, 2015. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30987>

CHICAS, Jorge y MARTINEZ, Nazira. Propuestas de soluciones tempranas con obras de ingeniería de bajo costo; para mitigación de riesgos y control de vulnerabilidad, en zonas de deslizamientos en laderas de montañas y volcanes en el Salvador. Tesis (Título de Ingeniero Civil). El Salvador: Universidad de El Salvador, 2012. Disponible en file:///C:/Users/USER/Desktop/Propuesta.pdf

CHOQUE, Raúl. Eficacia en el desarrollo de capacidades TIC en estudiantes de educación secundaria de Lima, Perú. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación [en línea]. Julio 2009: [Fecha de consulta: 25 de abril del 2019]. Disponible en <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36812381001>>
ISSN: 1133-8482

DE LA CRUZ, Percy y OROSCO, Jilber. Sistemas de estabilización de taludes en la carretera Cocha – San Agustín de Cajas Ingenio tramo km 19+610 al km 20+424, Huancayo. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013. Disponible en file:///G:/TIC_01.pdf

DE MATTEIS, Álvaro. Geología y geotecnia. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). Argentina: Universidad nacional de Rosario, facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura, 2003. Disponible en <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>

ESCOBAR, Enrique y DUQUE, Gonzalo. Geotecnia para el trópico andino. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2017. Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/53560/1/presentacionycontenido.pdf>

GIGLI, Giovanni, FANTI, Riccardo y CANUTI, Paolo. 2011. Integration of advanced monitoring and numerical modeling techniques for the complete risk scenario analysis

of rockslides: The case of Mt. Beni (Florence, Italy).. 1 - 4, FLORENCIA : s.n., 2011, Vol. 120. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795211000809>

GONZÁLEZ, Luis. Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación, 2004. Disponible en http://oa.upm.es/40578/1/INGENIERIA_GEOLOGICA_TERRENOS_VOLCANICOS_1.pdf

HARABINVÁ, Slávka. 2017. Evaluation of the slope road on the road. Eslovaquia: s.n., 2017, Vol. 190. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817324943>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 5ta. Ed. México: McGrae Hill. 607pp.

IBERICO RODRIGUEZ, Rodolfo Ricardo. 2015. Estabilizacion y Recuperacion de Taludes en Carretera, Caso "IISA Norte Tramo N° 1Km 45+690 - Km 45+830. Tesis (Titulo Profesional de Ingeniero Civil) Lima: Universidad Ricardo Palma, 2015. Disponible en <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/1154>

Impact of weathering on slope stability in soft rock mass. VLASTELICA, Goran y MÍSCEVIC, Predrag . 2014. 3, CROACIA: s.n., 2014, Vol. 6. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775514000353>

LAGOS, Alejandro. Modelamiento de la relación entre los procesos tectónicos y la inestabilidad en los terrenos de las zonas: Urubamba y tres ríos. Cajamarca- Perú. Tesis (Doctorado En Ciencias). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2015. Disponible en <file:///C:/Users/USER/Desktop/sdfsdf.pdf>

LI AN – JUI. 2009. Two and three dimensional stability analyses for soil and rock slopes. Australia. The University of Western Australia, 2009.

MANCERA, Javier. Estudio para la estabilización de corte ubicado en el lado izquierdo de la carretera federal No. 54 Guadalajara-Salttillo, en el subtramo Guadalajara - Ixtlahuacán del río, Estado de Jalisco. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. Disponible en <https://es.scribd.com/document/221593976/Tesis>

MEDINA, Lucio; RAMOS, Willy; LATORRE, Omar y GONZALES, Jhoel. Evaluación geológica de las zonas afectadas por el niño costero 2017 en las regiones La Libertad- Cajamarca. Informe Técnico N° 06769. Sector de Energía y Minas: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2017. Disponible en http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/819/1/A6769-Evaluacion_geologica_Ni%C3%B1o_Costero_2017_regiones_La%20Libertad-Cajamarca.pdf

MIRA, Andrés; ALCÁNTARA, Antonio y GUTIÉRREZ, Fernando. Caracterización geomecánica y análisis de la estabilidad del talud sur del macizo rocoso de Monteagudo (Murcia, España). Tesis (para optar el título de ingeniero geólogo). España: Universidad autónoma de Madrid, facultad de ingeniería, 2013. Disponible en <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/7777/Caracterizacion.pdf?sequence=2>

MORALES, Mario. Caracterización geotécnica y determinación de ángulos de talud en yacimiento Franke. Tesis (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2009. Disponible en http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103406/morales_m.pdf?sequence=3&isAllowed=y

NUÑEZ, Ricardo y SANCHEZ, Iván. Riesgo a deslizamiento en taludes del sistema vial Lampa – Pariahuanca, Huancayo. Tesis (Título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3474/Nu%c3%b1ez%20Romero-Sanchez%20Lacta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PARDO FERRER, Luis Alex. 2014. Prevención de caída de rocas como medida de seguridad en mina San Cristobal. Tesis (Título Profesional de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1367>

RAMIREZ, Pedro y ALEJANO, Leandro. Mecánica de rocas [en línea]. 2.^a ed. Lima: Pontificia universidad católica del Perú. [Fecha de consulta 30 de abril del 2019]. Disponible en <https://ingeododo.wordpress.com/2014/12/13/libro-mecanica-de-rocas/>

RIVERA, Hugo. Geología General. Lima : s.n., 2011. Disponible en <https://www.freelibros.org/geologia/geologia-general-hugo-rivera-mantilla.html>

SACKSCHEWSKI, Carlos. Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta - Huayllay entre las progresivas del Km 102 al Km 110. Tesis (Título profesional de Ingeniero Geólogo). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017. Disponible en file:///G:/Sackschewski_chc.pdf

SAENZ, Alán. Análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, ciudad nueva Fuerabamba- Apurímac. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, 2017. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3874/Saenz%20Serpa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SOSA, Laura; DÍAZ, Rosvic; ELBERG, María y SOSA, Grelys. Simulación geomecánica de los taludes localizados al margen de la carretera vía a el valle estado de Mérida. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). Venezuela: Universidad de los Andes, 2010. Disponible en <https://docplayer.es/92247983-Simulacion-geomecanica-de-los-taludes-localizados-al-margen-de-la-carretera-via-a-el-valle-estado-merida-2010.html>

SUÁREZ, Jaime. Deslizamientos. Volumen 1 Análisis Geotécnico. 78 1ra Ed. Bucaramanga-Colombia. Division de Publicaciones UIS ISBN: 978-958-8504-03-2

TARRILLO, Ronald. “Grado de estabilidad de los taludes críticos de la carretera Baños del Inca – Llacanora. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. Disponible en <file:///C:/Users/Desktop/final/TESIS.pdf>

Three-dimensional stability analysis of slopes in hard soil/soft rock with tensile strength cut-off. DOWON, Parck y RADOSLAW L., Michalowski. 2015. Estados Unidos: s.n., 2015. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795217309869>.

TORO, Jawer. Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias- Cruce Lambayeque, San Ignacio. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/476/T%20625.7%20T676%202014.pdf?sequence=1>

TORRES, César. Valoración del riesgo de deslizamientos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2007. Disponible en file:///C:/Users/USER/Desktop/torres_cr.pdf

URETA DELGADO, Elisa Valeria. 2017. Análisis y planeamiento de soluciones para suelos críticos presentes en la Carretera Contonga - Carhuayoc, Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Departamento de Ancash. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil) Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2017. Disponible en http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/621939/5/MUÑOZ_RM.pdf

VALERIANO, Fredy. Caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del cerro Espinal Juliaca. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional Del Altiplano, 2015. Disponible en http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2297/Veleriano_Nina_Fredy_Alonso.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS
INESTABILIDAD DE TALUDES	Realizar el estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de taludes en la carretera Trujillo - Otuzco km10+000 al km15+000	Si se realiza el estudio geomecánico entonces, se podrá determinar el tipo de sostenimiento adecuado de taludes en la carretera Trujillo - Otuzco km10+000 al km15+000	INDEPENDIENTE: Estudio geomecánica DEPENDIENTE: Tipo de sostenimiento:	Cuantitativo	Carretera Trujillo-Otuzco	Observación, documental, investigación y entrevista
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS			DISEÑO	MUESTRA	INSTRUMENTOS
	<ul style="list-style-type: none"> • Detallar la geología local y regional de la zona • Elaborar la toma de datos en la zona con respecto del buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades. • Determinar la inestabilidad del macizo rocoso mediante las aplicaciones de las clasificaciones. • Analizar el comportamiento del tipo de roca que existe, mediante los resultados que los ensayos en 			Transversal	Tramos comprendidos entre el km10+000 al km15+000	Guía de observación de campo y laboratorio, guía de análisis documental y guía de entrevista



	<p>laboratorio puedan brindar, para conocer la resistencia del macizo rocoso.</p> <ul style="list-style-type: none">• Plantear medidas de estabilización en la carretera Trujillo - Otuzco km10+000 al km15+000.					
--	--	--	--	--	--	--

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los docentes que suscriben el documentos son: el Mg. Ing. Mauro Salvador Paico con DNI: 45454682 especialista en: Ingeniería geológica aplicada a la geotecnia, El Mg. Ing. Marco Antonio Cotrina Teatino con DNI: 41872247 Especialista en Ingeniería Geomecánica y la docente Mg. Silvia Josefina Aguinaga Vásquez con DNI: 16790469, con la mención en investigación y docencia dan conformidad a los instrumentos:

- ✓ Guía de observación
- ✓ Guía de observación de campo
- ✓ Guía de observación en laboratorio
- ✓ Guía de entrevista

Que a continuación se presentan y que fueron sometidos a una evaluación y validación, con la finalidad de que sean aplicados por los estudiantes responsables:

- Arroyo Valle, José Luis
- Rodrigo Meléndez, Willian Anderson

En la investigación titulada: Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km 10+000 al km 15+000

Dejamos evidencia de lo evaluado firmando el presente documento para los fines que sean necesarios.

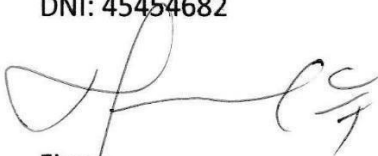
Chiclayo, 26 de septiembre de 2019

Atentamente



Firma

Nombre: Mg. Ing. Mauro Paico Salvador
DNI: 45454682



Firma

Nombre: Mg. Ing. Marco Antonio Cotrina Teatino
DNI: 41872247



Firma

Nombre: Mg. Silvia Josefina Aguinaga Vásquez
DNI: 16790469



ABSTRACT

The present research work's purpose was to carry out a geomechanical study to determine an appropriate type of slope support at Trujillo - Otuzco road.

This research topic began with the existing problems in this area, connected to the rock landslides in different sections of the road, caused by various natural factors. Being geological, referring to soil and loose rock, stratigraphy, discontinuities and alteration of rocks. Also geomechanical, geomorphologic and climatic behavior. The research design is quantitative with a cross-sectional design as it is an observational and descriptive research.

The methodology with which it was developed, was framed to have a broad theoretical framework that is related to the geomechanical classification of Bieniawski - Morh - Coulumb - Hoek and Brown breaking criteria, index of geological resistance, wedge breakage and other theories that validated the study mentioned. In this way, in order to obtain the information in situ we used techniques such as direct observation and interview technique, where through geological description guides, field observation guides and laboratory, documentary analysis guide and interview guide; also used Excel 2016, Arcgis 10.5 software.

Finally, a good analysis and the use of geomechanical classification guides showed that, from the study sections, three of them are those that require a type of support since the type of existing rock has low resistance and therefore prone to rock sliding. To this end, the method of support was proposed, consisting in metallic meshes and concrete pump considering costs, quantity of material and manpower required.

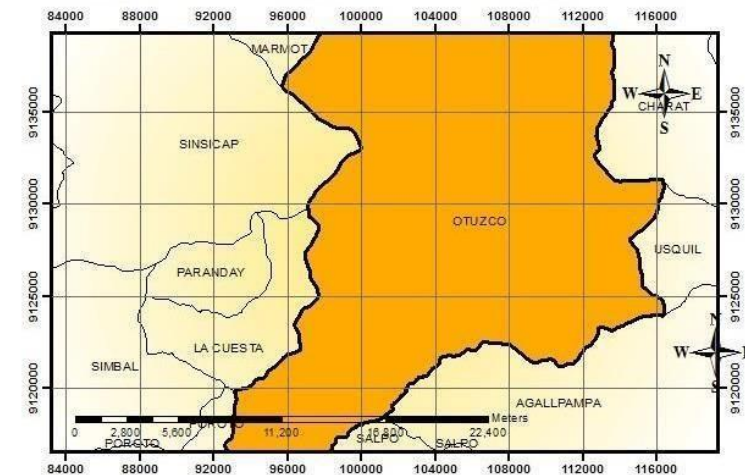
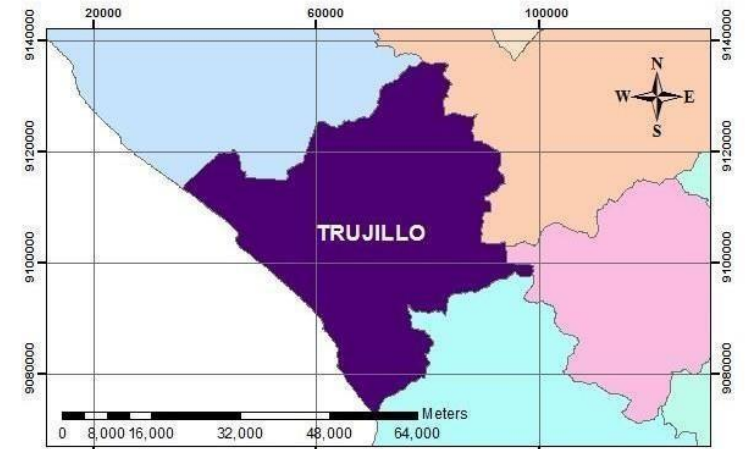
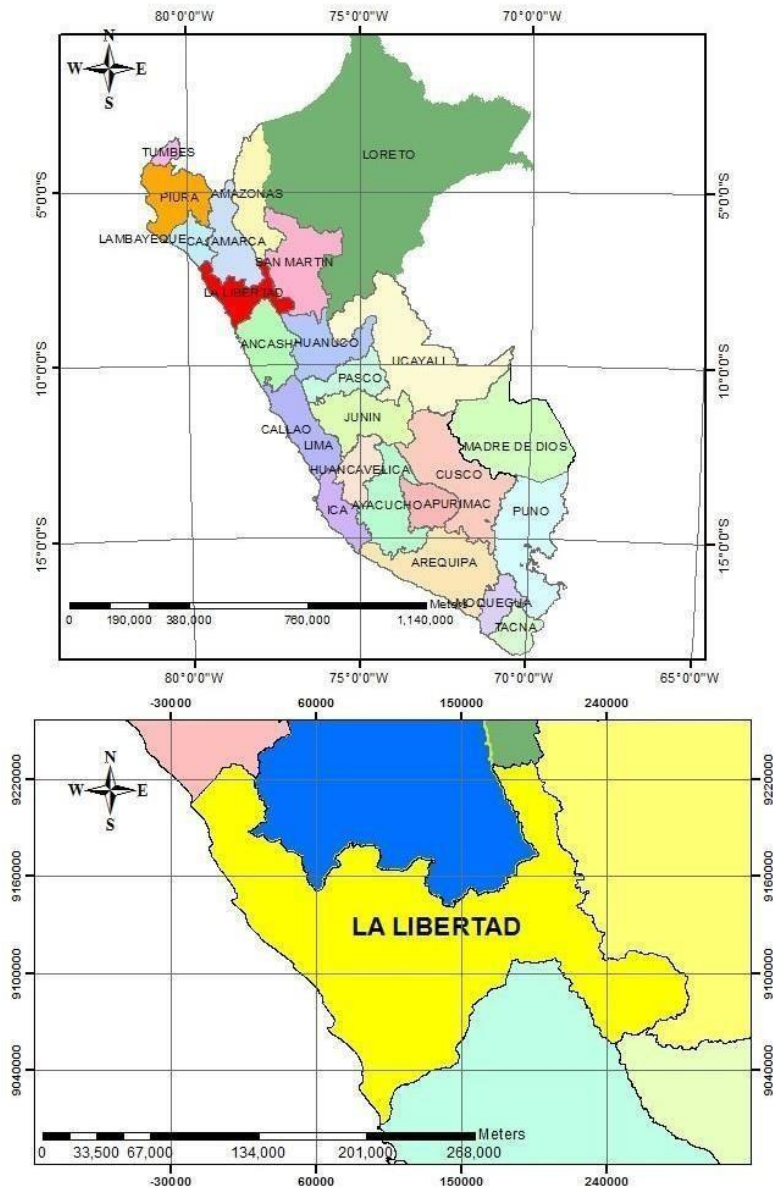
KEYWORDS: Geomechanical classification, Rock slide, Wedge, Resistance and Slope.

*La que subscribe, **Dra. María Magdalena Usquiano Piscoya**, hace constar que el resumen está correctamente traducido.*

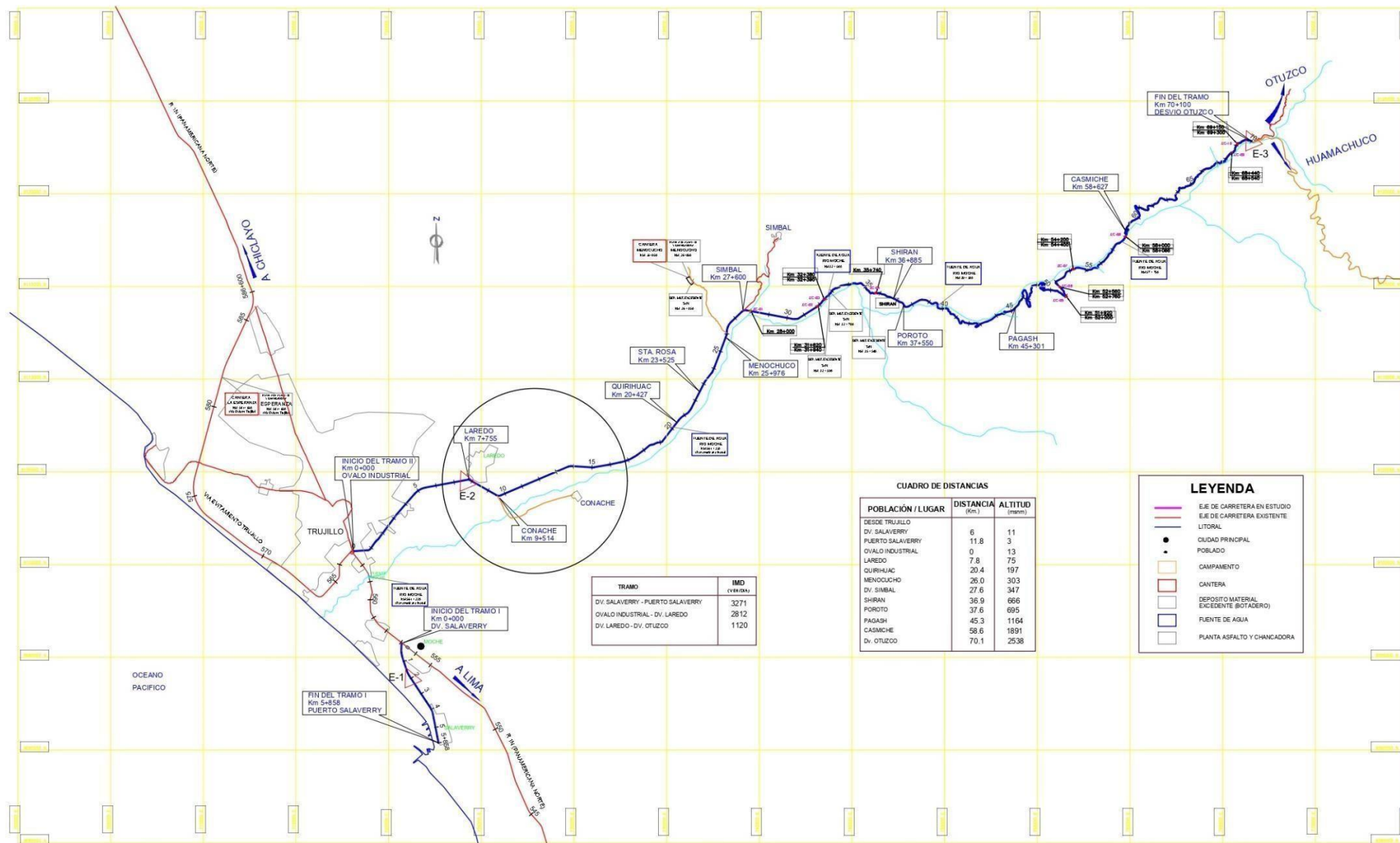


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
[Signature]
Dra. María Magdalena Usquiano Piscoya
COORDINADORA
ESCUELA DE TRADUCCIÓN E INTERPRETACIÓN

MAPA DE UBICACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO- FILIAL CHICLAYO				
FACULTAD DE INGENIERÍA				
TESIS: Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000				
AUTOR : Arroyo Valle, José Luis / Rodrigo Meléndez, Willian Anderson				
	MAPA: MAPA DE UBICACIÓN		ESCALA: 1/25000	FECHA: 26/11/19
	DATUM: WGS - 84		LÁMINA N°: 3	
	SIST. PROYECCIÓN: UTM			
	HEMISFERIO: Sur		ZONA: 17 M	



CUADRO DE DISTANCIAS

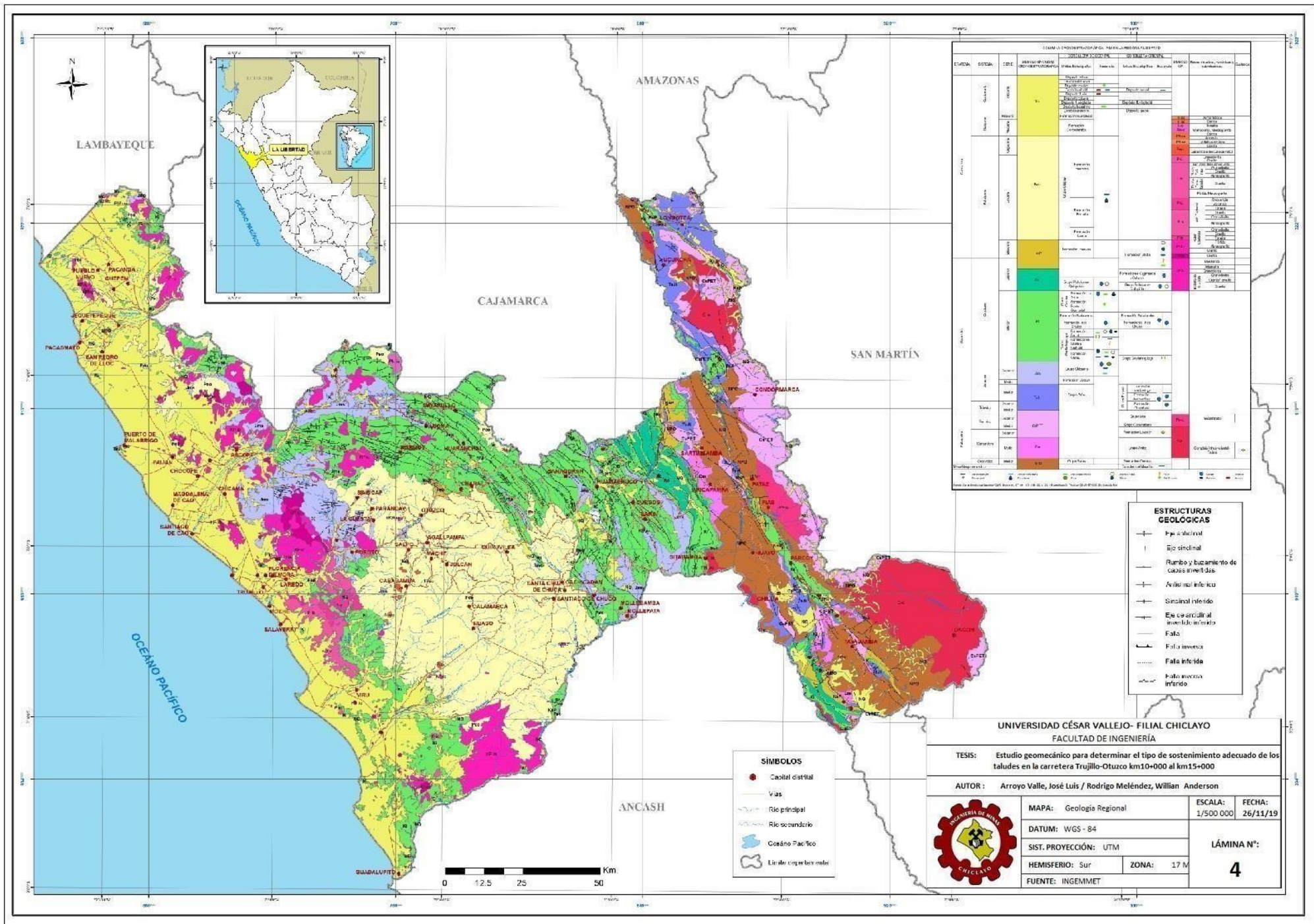
POBLACIÓN / LUGAR	DISTANCIA (Km.)	ALTITUD (mmsnm)
DESDE TRUJILLO	6	11
DV. SALAVERRY	11.8	3
PUERTO SALAVERRY	0	13
OVALO INDUSTRIAL	7.8	75
LAREDO	20.4	197
QUIRIBUAC	26.0	303
MENOCUCHO	27.6	347
DV. SIMBAL	36.9	666
SHIRAN	37.6	695
POROTO	45.3	1164
PAGASH	58.6	1891
CASMITCHE	70.1	2538
DV. OTUZCO		

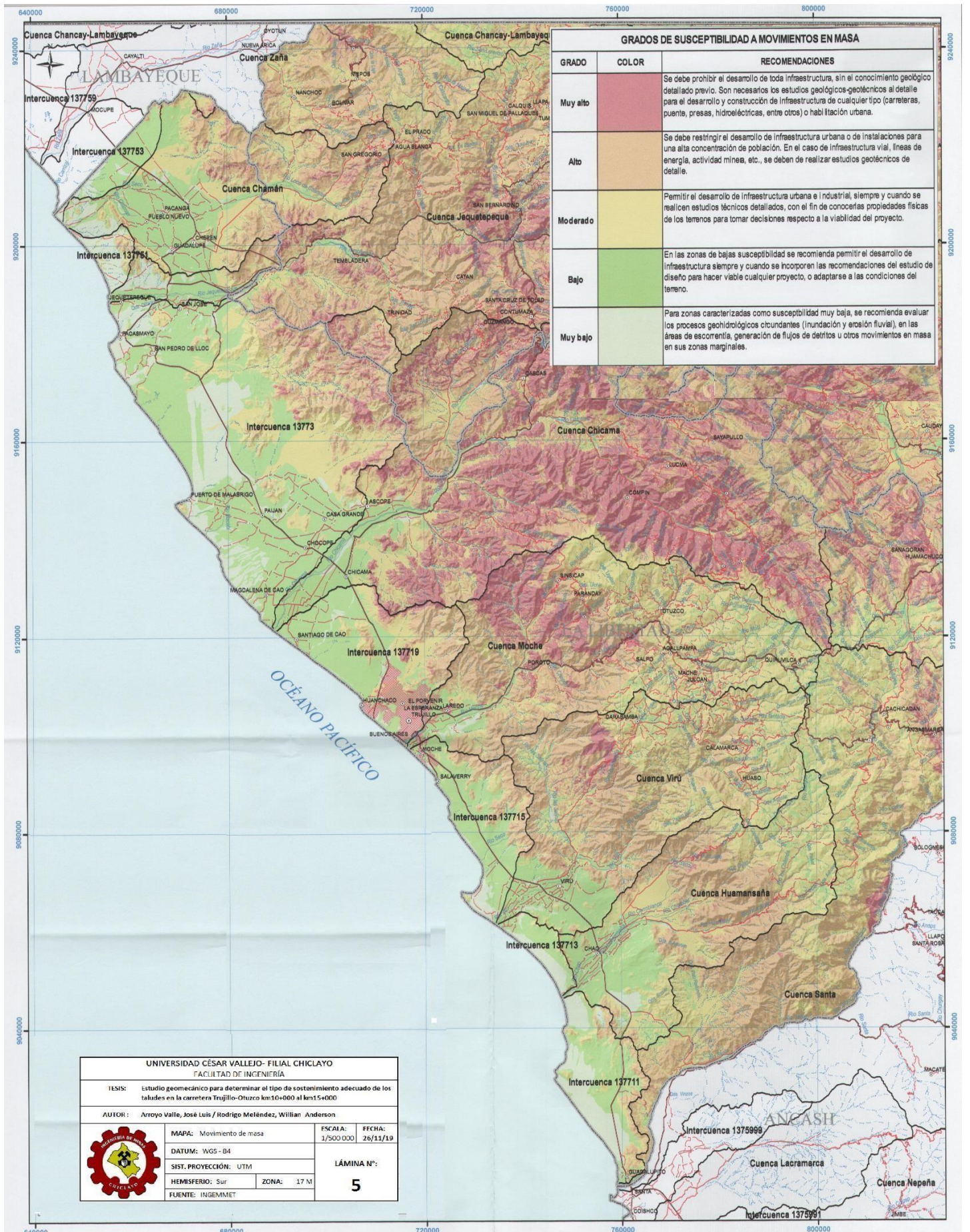
LEYENDA

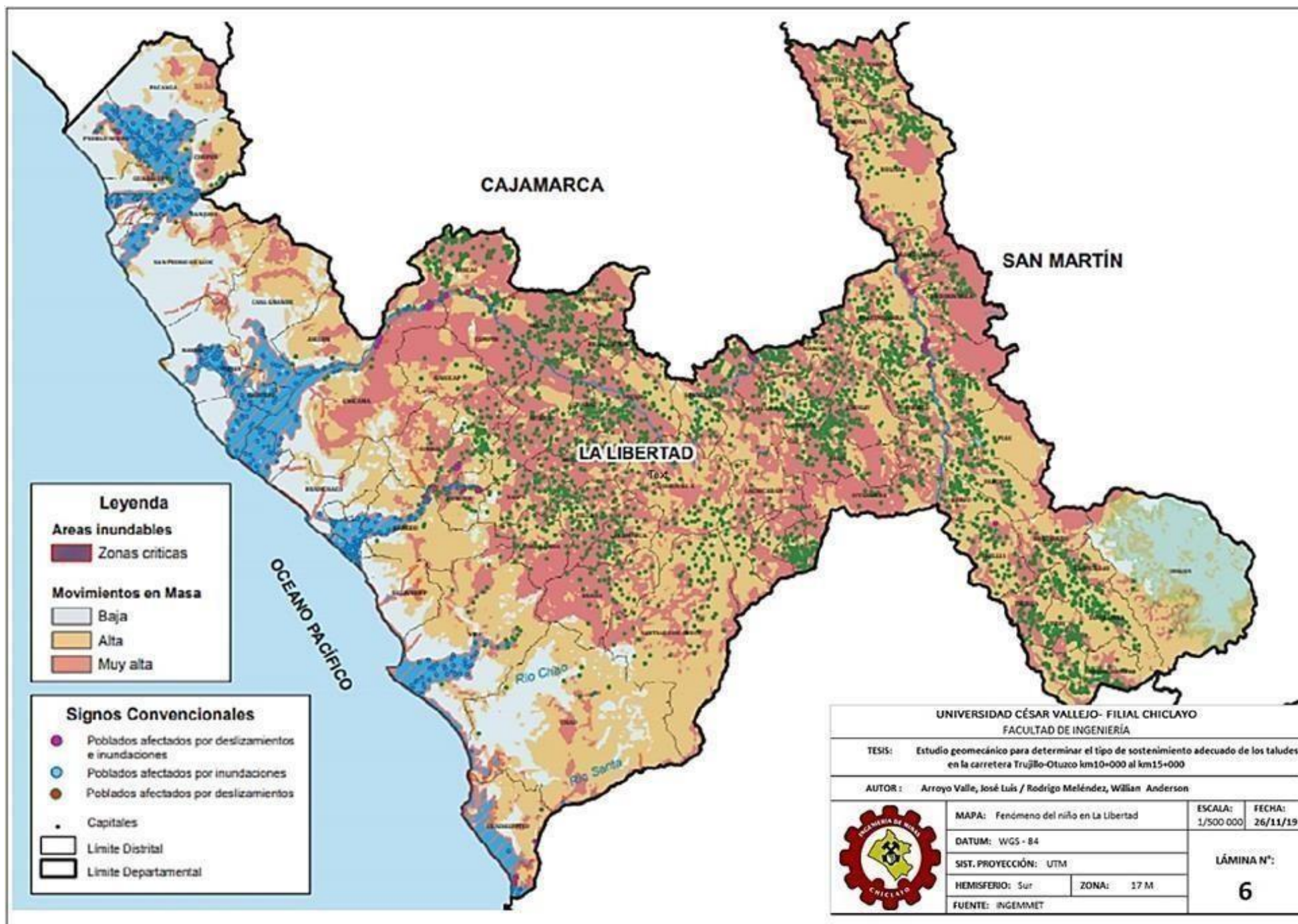
	E.E. DE CARRETERA EN ESTUDIO
	E.E. DE CARRETERA EXISTENTE
	LITORAL
	CIUDAD PRINCIPAL
	POBLADO
	CAMPAMENTO
	CANTERA
	DEPOSITO MATERIAL EXCEDENTE (BOTADERO)
	FUENTE DE AGUA
	PLANTA ASFALTO Y CHANCADORA

TRAMO

TRAMO	IMO (VEREDA)
DV. SALAVERRY - PUERTO SALAVERRY	3271
OVALO INDUSTRIAL - DV. LAREDO	2812
DV. LAREDO - DV. OTUZCO	1120







Anexo N° 8. Fotografías en el lugar de estudio

Deslizamiento de roca, visualizado en el tramo de la carretera.



Fuente: elaboración propia.

Rugosidad del macizo rocoso.



Fuente: elaboración propia.

Anexo N° 9. Fotografías de la toma de datos en la zona de estudio

Toma de datos de la zona con brújula



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

Anexo N° 10. Datos procesados en el software Dips de cada estación de estudio

Tabla N° 44. Vista cuadrícula de los datos de campo:

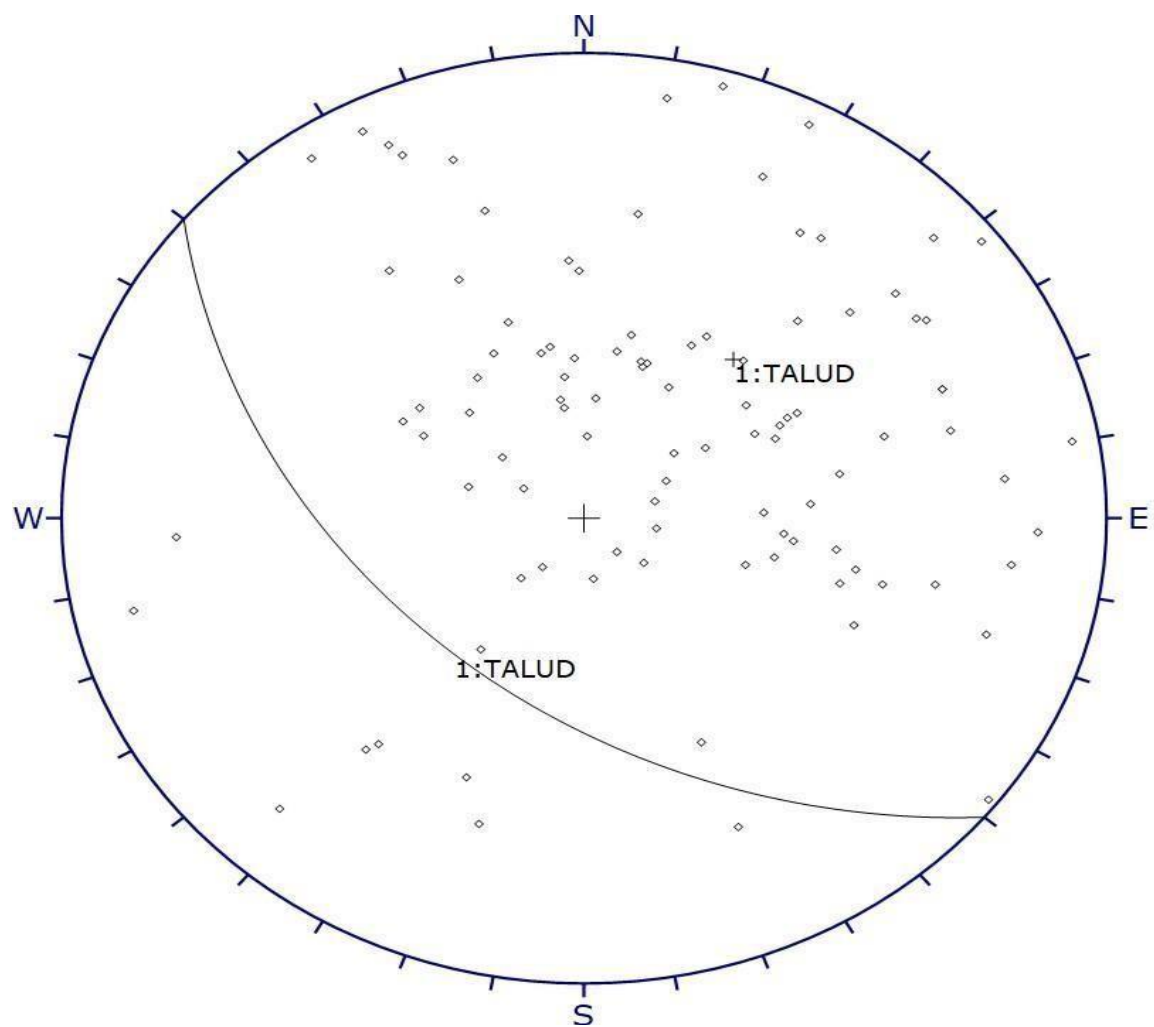
Estación N° 01: 10+000 km - 10+500 km

ID	Dip	Dip Direction
1	54	286
2	53	259
3	56	282
4	38	199
5	88	196
6	81	156
7	59	155
8	44	193
9	43	154
10	61	224
11	25	231
12	46	242
13	69	282
14	41	170
15	88	232
16	74	217
17	48	161
18	78	205
19	79	277
20	46	209
21	85	190
22	44	277
23	40	167
24	73	248
25	52	278
26	29	170
27	40	190
28	40	146
29	87	207
30	56	179
31	87	260
32	38	177
33	39	198
34	43	232

ID	Dip	Dip Direction
35	76	237
36	78	264
37	47	266
38	86	146
39	27	171
40	84	228
41	36	288
42	38	268
43	69	164
44	41	283
45	58	177
46	49	211
47	67	189
48	31	237
49	86	153
50	75	236
51	82	272
52	78	288
53	20	182
54	34	173
55	50	241
56	78	162
57	83	155
58	42	275
59	66	145
60	62	253
61	26	107
62	66	40
63	89	308
64	72	336
65	81	43
66	20	43
67	44	121
68	59	294
69	35	136

ID	Dip	Dip Direction
70	49	222
71	20	243
72	16	279
73	16	255
74	11	319
75	41	241
76	23	130
77	38	35
78	75	231
79	29	185
80	56	335
81	68	229
82	15	119
83	76	87
84	83	77
85	62	22
86	15	352
87	15	37
88	39	120
89	39	200
90	64	39
91	73	214
92	43	127
93	72	255
94	17	310
95	69	17
96	61	284
97	44	245
98	48	241
99	36	210
100	73	248

Fuente: Software Dips- elaboración propia.

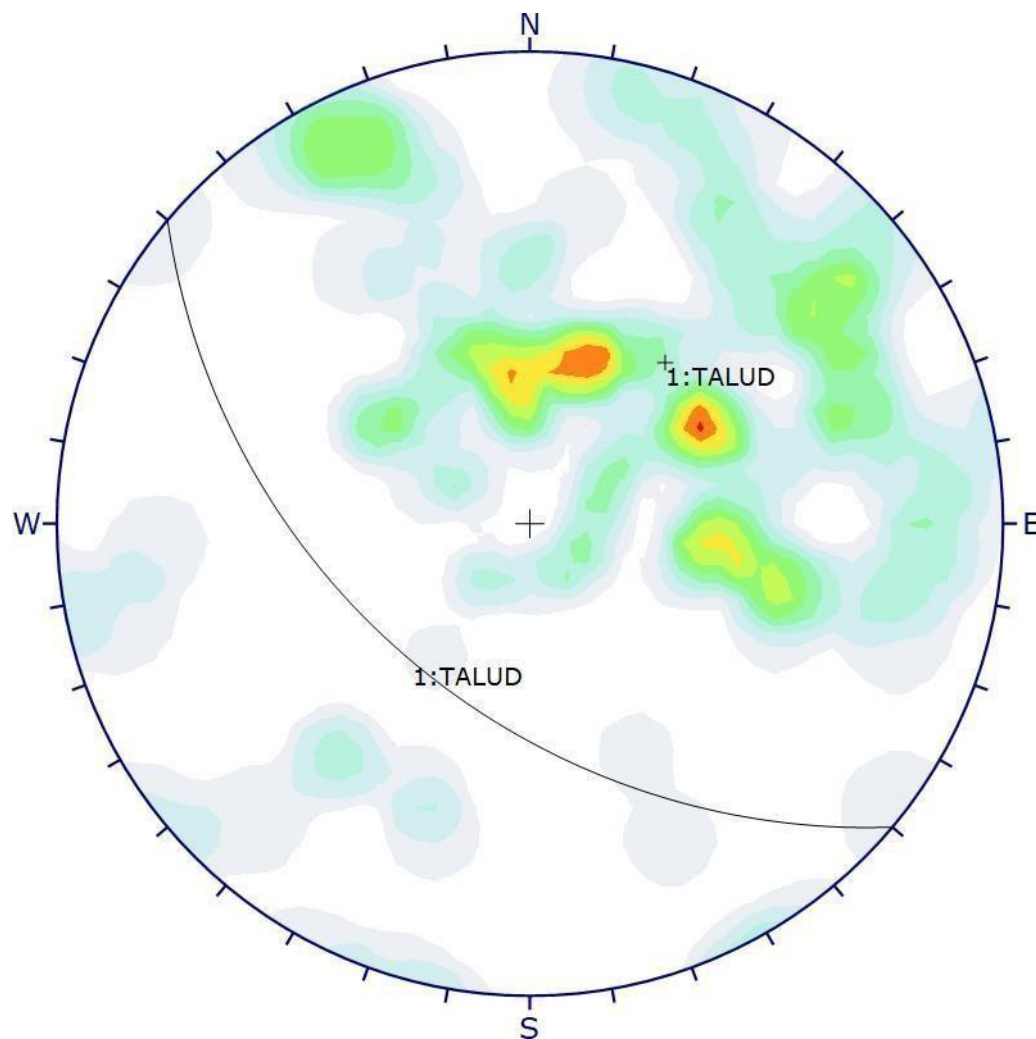


Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 34. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 01

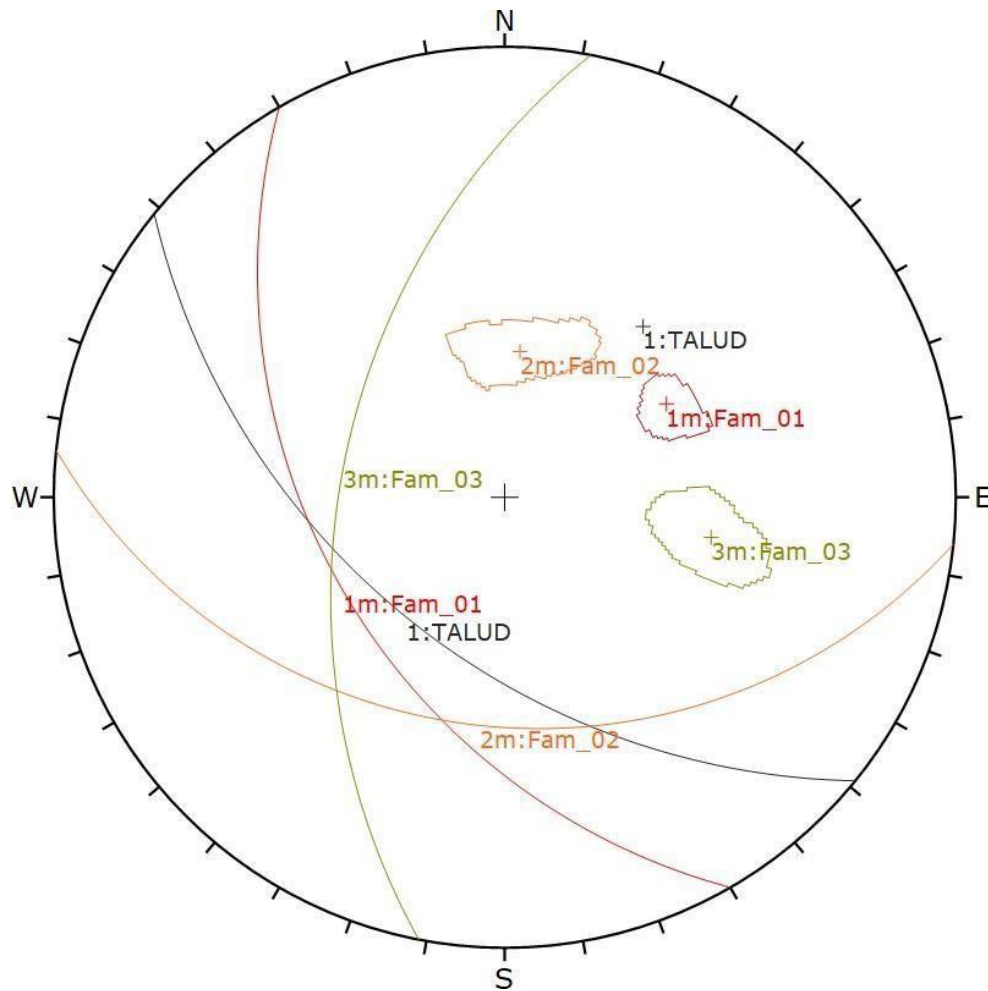
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations	
	0.00	- 0.60
	0.60	- 1.20
	1.20	- 1.80
	1.80	- 2.40
	2.40	- 3.00
	3.00	- 3.60
	3.60	- 4.20
	4.20	- 4.80
	4.80	- 5.40
	5.40	- 6.00
Maximum Density		5.51%
Contour Data		Pole Vectors
Contour Distribution		Fisher
Counting Circle Size		1.0%
Plot Mode		Pole Vectors
Vector Count		100 (100 Entries)
Hemisphere		Lower
Projection		Equal Angle

Gráfico N° 35. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 01

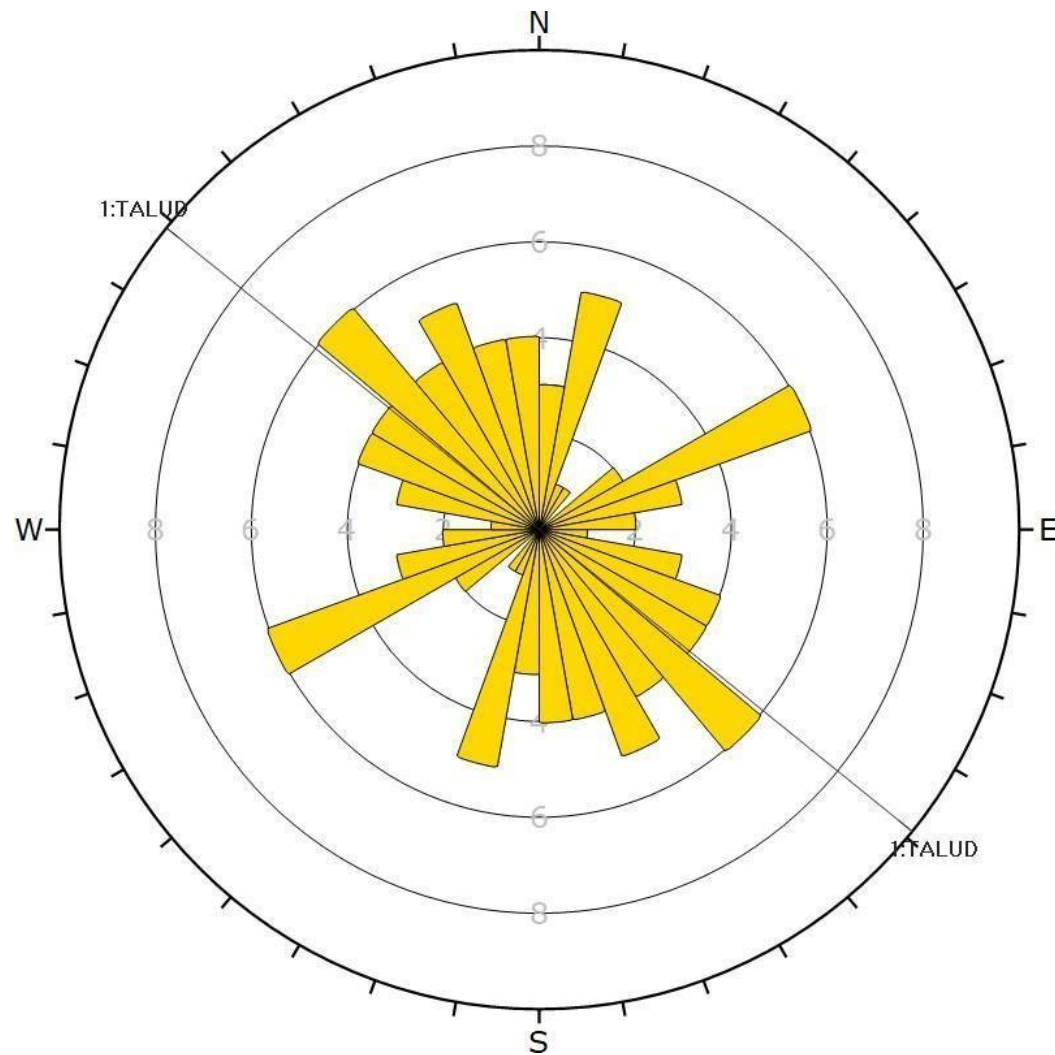
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		52	219	TALUD
Mean Set Planes				
1m		45	240	Fam_01
2m		36	186	Fam_02
3m		50	281	Fam_03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		100 (100 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

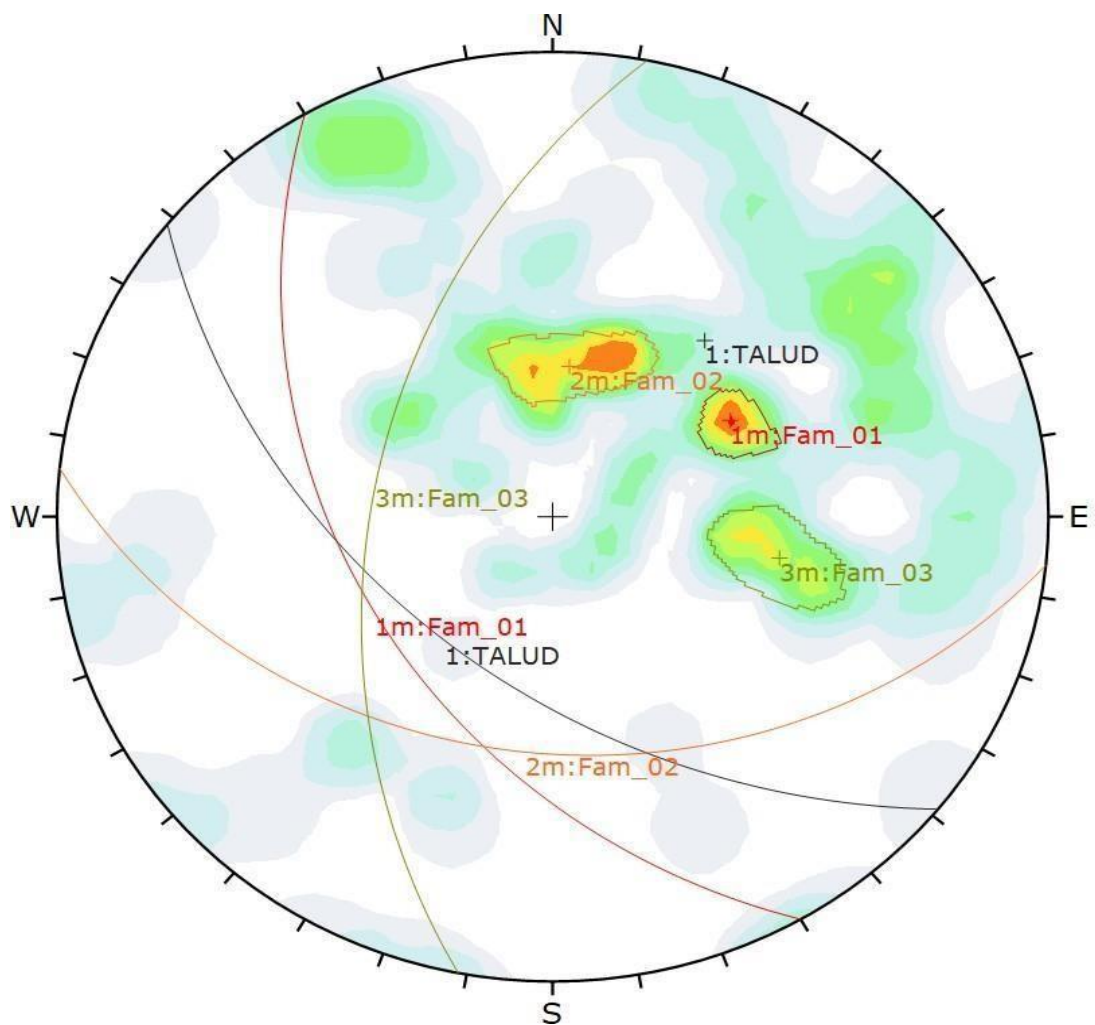
Gráfico N° 36. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 01

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	58
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Gráfico N° 37. Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 01
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.60
	0.60 - 1.20
	1.20 - 1.80
	1.80 - 2.40
	2.40 - 3.00
	3.00 - 3.60
	3.60 - 4.20
	4.20 - 4.80
	4.80 - 5.40
	5.40 - 6.00
Maximum Density 5.51%	
Contour Data Pole Vectors	
Contour Distribution Fisher	
Counting Circle Size 1.0%	
Plot Mode Pole Vectors	
Vector Count 100 (100 Entries)	
Hemisphere Lower	
Projection Equal Angle	

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		52	219	TALUD
Mean Set Planes				
1m		45	240	Fam_01
2m		36	186	Fam_02
3m		50	281	Fam_03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		100 (100 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Gráfico N° 38. Trazado general de la estación geomecánica N° 01

Fuente: Software Dips – elaboración propia.

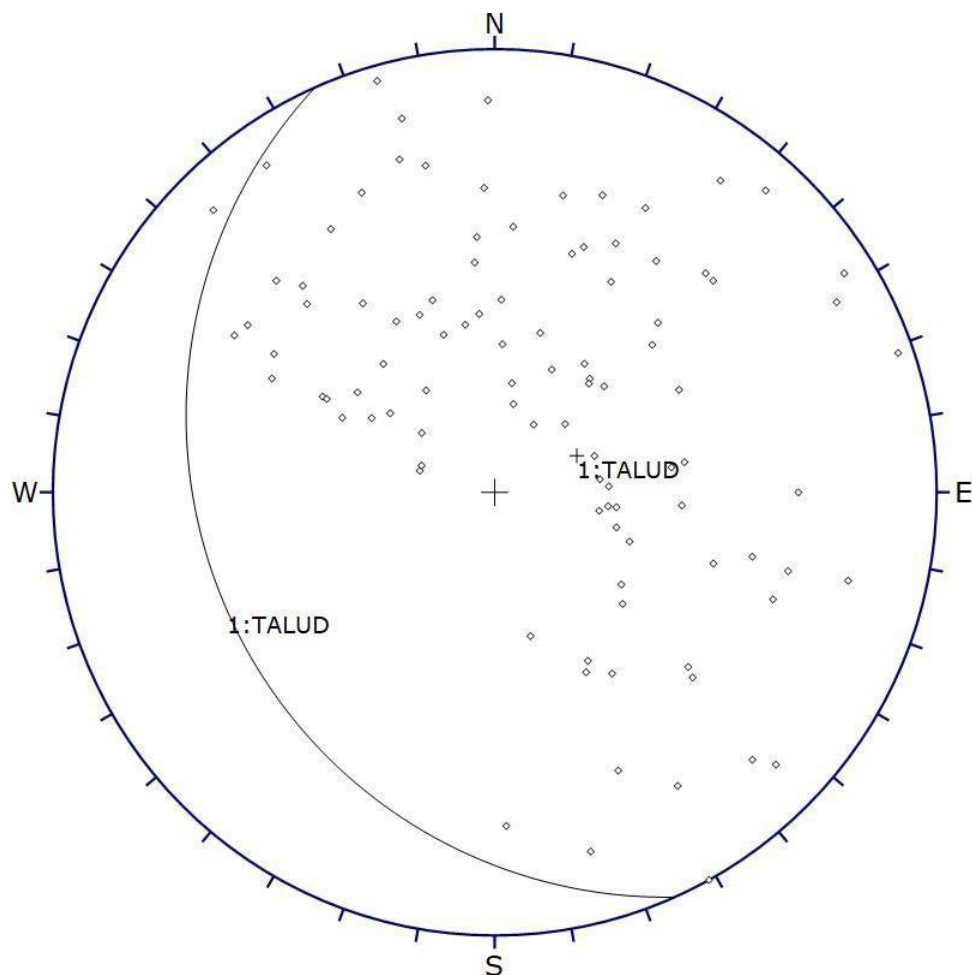
Tabla N° 45. Vista cuadrícula de los datos de campo:
Estación N° 02: 10+500 km - 11+000 km

ID	Dip	Dip Direction
1	62	184
2	59	117
3	69	193
4	88	164
5	90	331
6	64	206
7	47	261
8	71	200
9	69	226
10	42	126
11	44	175
12	83	179
13	65	215
14	49	162
15	68	124
16	73	156
17	33	127
18	84	135
19	80	316
20	88	251
21	37	346
22	62	135
23	69	224
24	74	168
25	69	134
26	55	288
27	48	150
28	52	227
29	37	220
30	32	286
31	42	139
32	55	145
33	20	210
34	59	198

ID	Dip	Dip Direction
35	80	345
36	37	183
37	69	178
38	20	106
39	69	336
40	61	122
41	65	137
42	31	277
43	56	224
44	23	192
45	27	263
46	62	284
47	36	290
48	61	312
49	83	314
50	41	162
51	47	182
52	57	209
53	27	250
54	74	358
55	39	215
56	42	170
57	44	262
58	25	226
59	29	267
60	49	333
61	27	280
62	48	119
63	41	196
64	47	157
65	76	164
66	42	116
67	39	306
68	86	238

ID	Dip	Dip Direction
69	46	274
70	63	313
71	28	189
72	51	241
73	38	226
74	85	222
75	69	121
76	76	328
77	72	208
78	31	146
79	69	285
80	52	327
81	47	331
82	55	175
83	61	200
84	34	205
85	29	277
86	42	311
87	24	129
88	47	119
89	36	221
90	68	291
91	70	148
92	82	166
93	79	284
94	69	270
95	20	110
96	60	176
97	84	145
98	83	241
99	36	121
100	82	216

Fuente: Software Dips- elaboración propia.

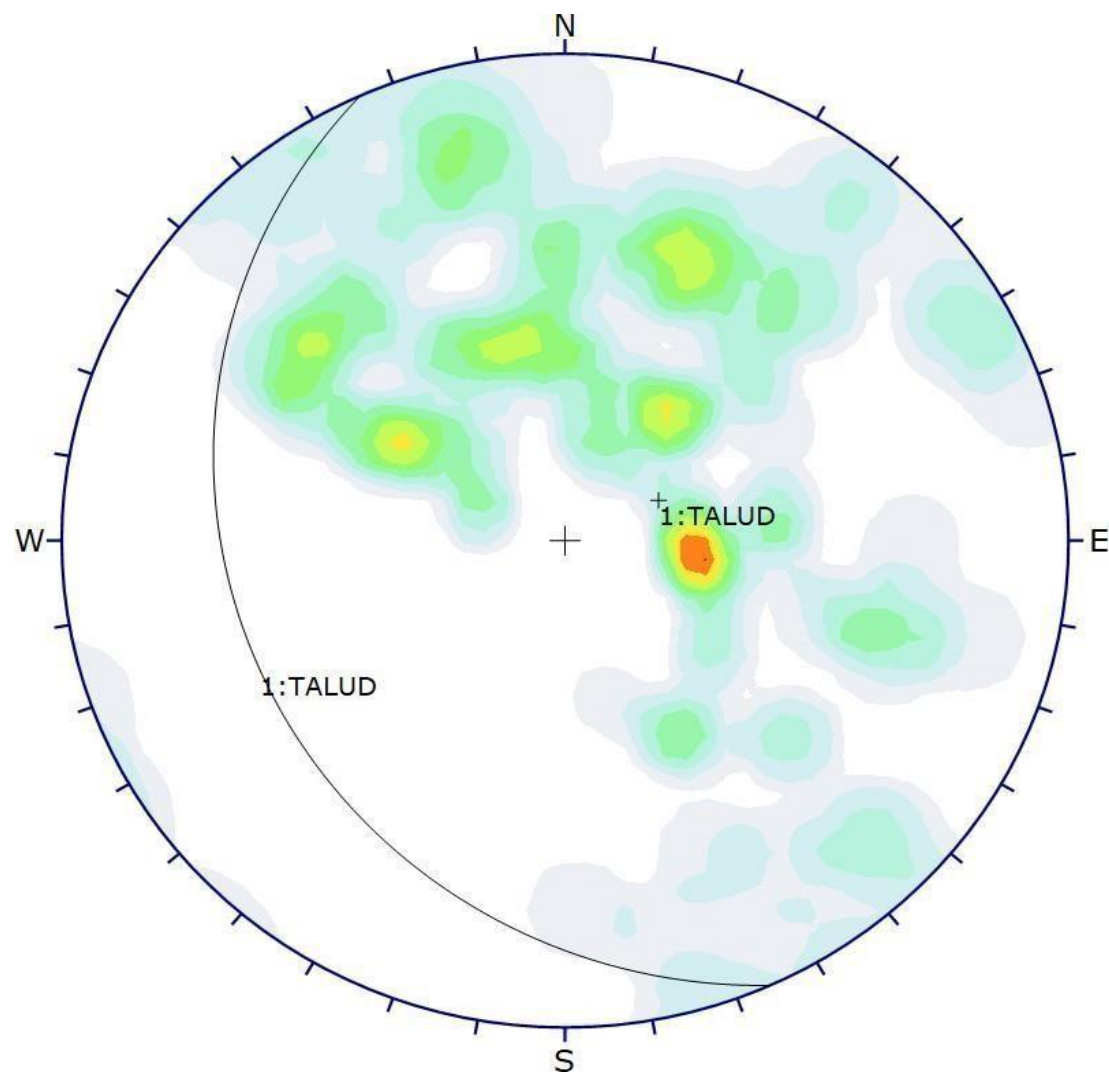


Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 39. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 02

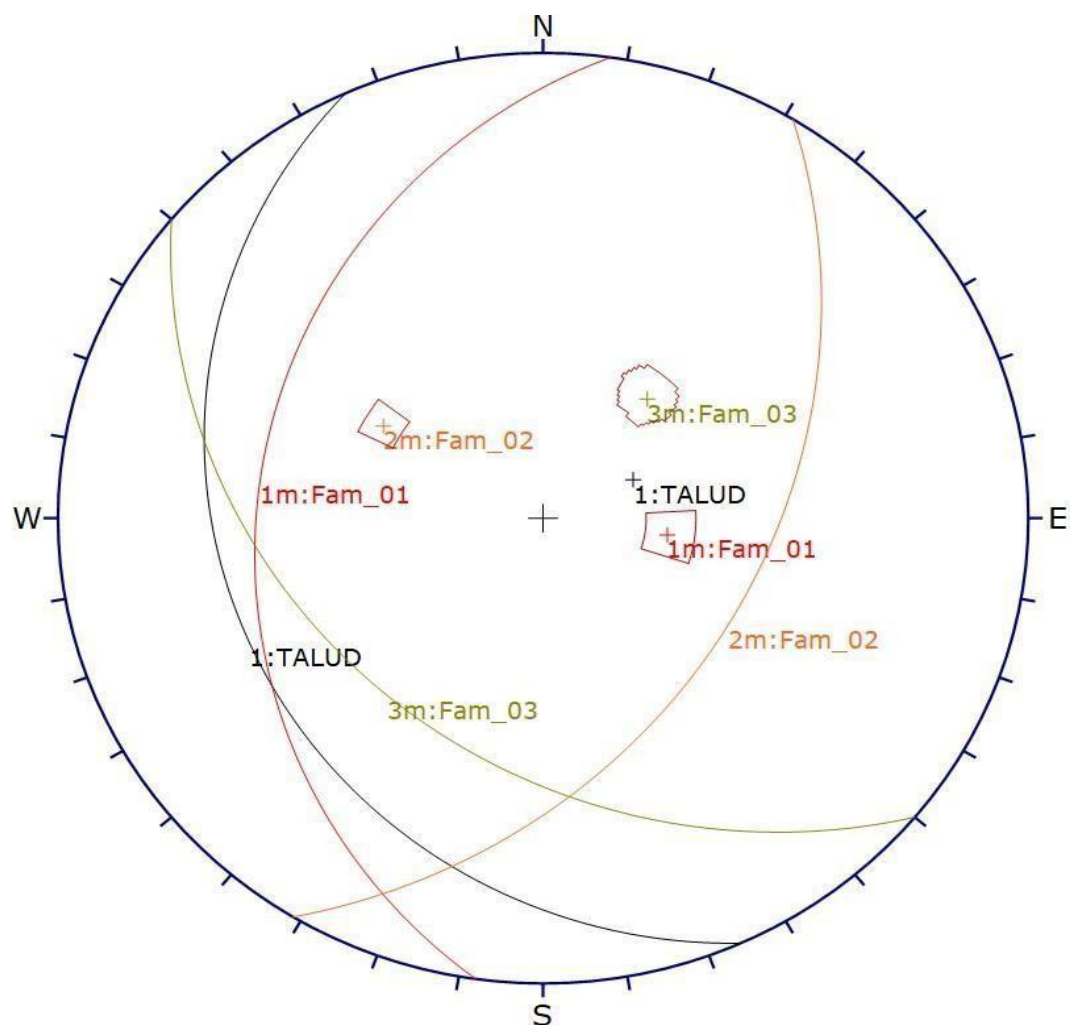
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations	
	0.00	- 0.60
	0.60	- 1.20
	1.20	- 1.80
	1.80	- 2.40
	2.40	- 3.00
	3.00	- 3.60
	3.60	- 4.20
	4.20	- 4.80
	4.80	- 5.40
	5.40	- 6.00
Maximum Density		5.41%
Contour Data		Pole Vectors
Contour Distribution		Fisher
Counting Circle Size		1.0%
Plot Mode		Pole Vectors
Vector Count		100 (100 Entries)
Hemisphere		Lower
Projection		Equal Angle

Gráfico N° 40. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 02

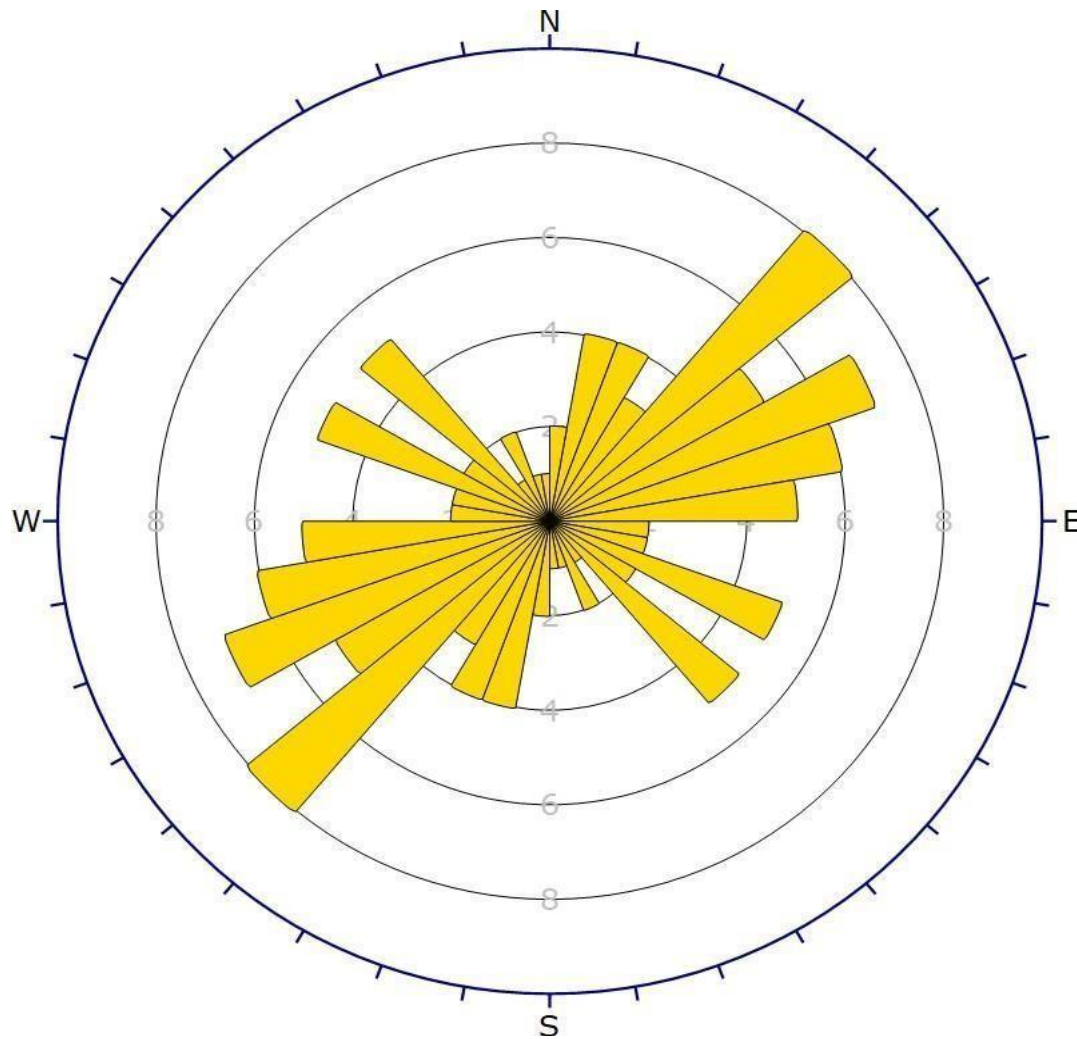
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		23	246	TALUD
Mean Set Planes				
1m		29	278	Fam_01
2m		42	121	Fam_02
3m		37	220	Fam_03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		100 (100 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Gráfico N° 41. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 02

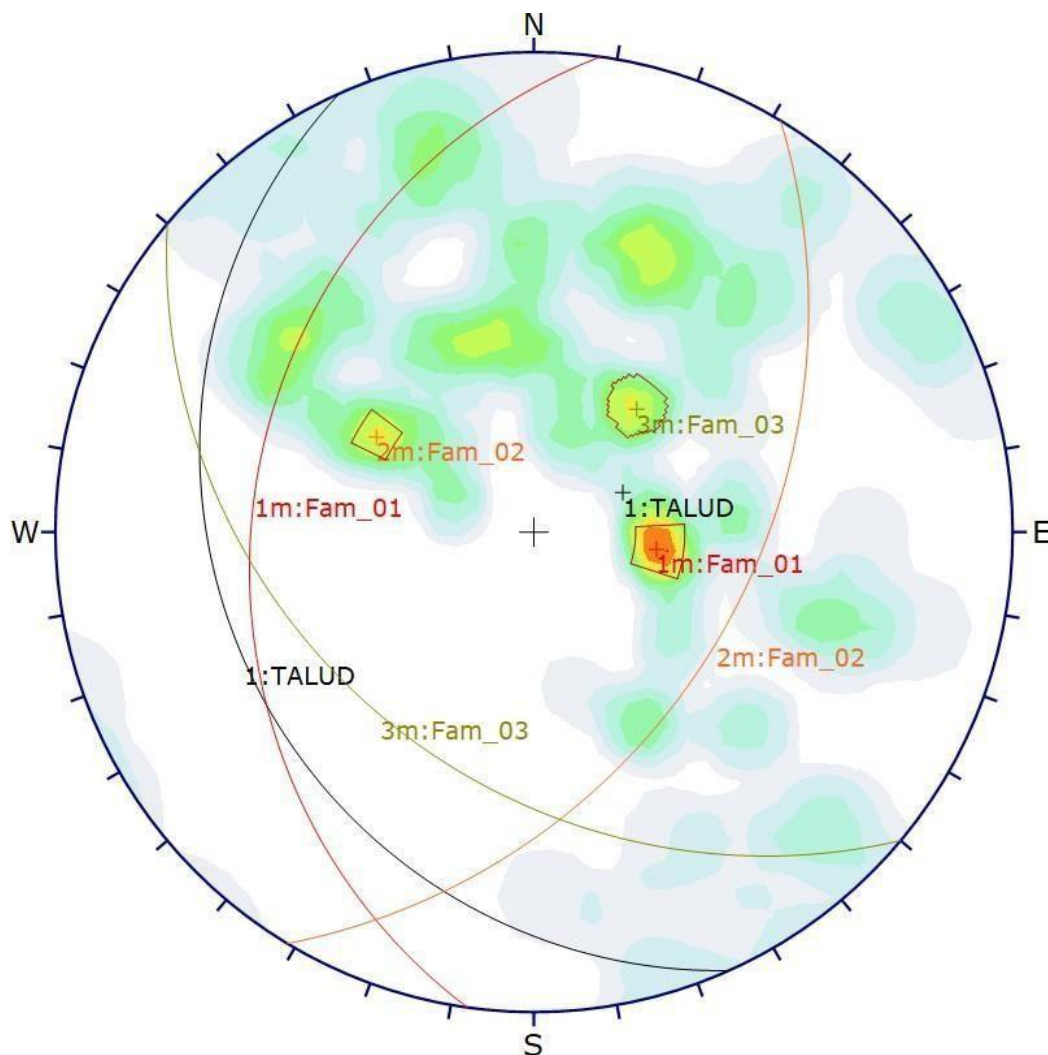
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	65
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Gráfico N° 42.Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 02

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations	
	0.00	- 0.60
	0.60	- 1.20
	1.20	- 1.80
	1.80	- 2.40
	2.40	- 3.00
	3.00	- 3.60
	3.60	- 4.20
	4.20	- 4.80
	4.80	- 5.40
	5.40	- 6.00
Maximum Density		5.41%
Contour Data		Pole Vectors
Contour Distribution		Fisher
Counting Circle Size		1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		23	246	TALUD
Mean Set Planes				
1m		29	278	Fam_01
2m		42	121	Fam_02
3m		37	220	Fam_03

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 43. Trazado general de la estación geomecánica N° 02

Fuente: Software Dips – elaboración propia.

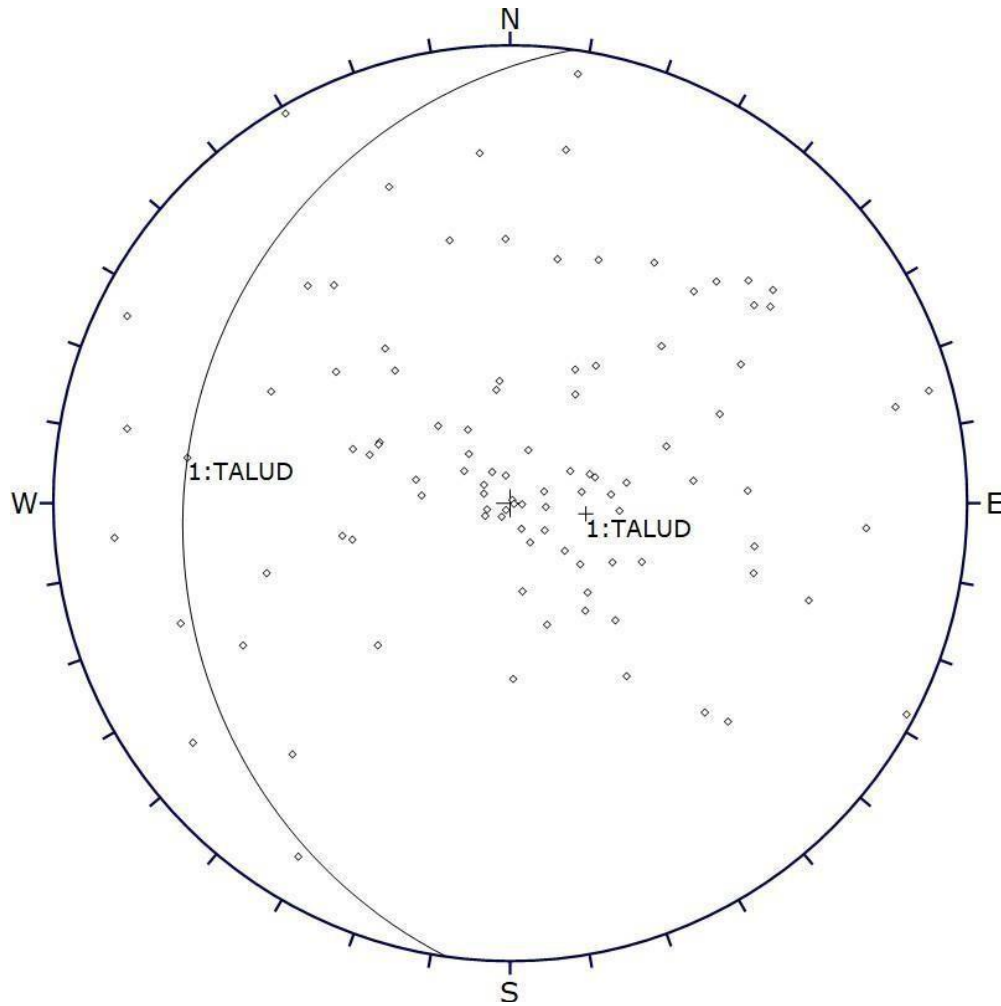
Tabla N° 46. Vista cuadrícula de los datos de campo:
Estación N° 03: 11+000 km - 11+500 km

ID	Dip	Dip Direction
1	23	311
2	66	137
3	42	139
4	82	256
5	1	216
6	9	276
7	7	63
8	2	32
9	76	274
10	30	175
11	11	333
12	29	260
13	60	179
14	41	79
15	29	300
16	36	109
17	3	275
18	6	75
19	42	359
20	18	261
21	16	140
22	7	110
23	28	173
24	14	199
25	89	150
26	40	250
27	36	206
28	31	211
29	75	70
30	72	41
31	25	265
32	38	318
33	84	31
34	47	141

ID	Dip	Dip Direction
35	59	200
36	53	247
37	29	319
38	40	109
39	7	336
40	82	53
41	55	267
42	14	125
43	87	189
44	75	175
45	86	116
46	73	159
47	64	317
48	63	211
49	4	32
50	67	223
51	71	233
52	8	125
53	89	298
54	82	85
55	21	250
56	51	127
57	22	95
58	63	141
59	71	98
60	73	231
61	60	115
62	35	115
63	22	253
64	17	242
65	9	251
66	39	212
67	22	352
68	57	280

ID	Dip	Dip Direction
69	31	343
70	27	274
71	87	255
72	69	288
73	39	77
74	61	167
75	61	239
76	21	150
77	11	308
78	46	43
79	1	279
80	71	227
81	58	74
82	63	221
83	9	150
84	7	171
85	68	315
86	69	231
87	32	325
88	49	326
89	35	294
90	58	286
91	24	104
92	35	114
93	67	62
94	18	311
95	44	263
96	76	189
97	81	101
98	51	224
99	26	137
100	57	191

Fuente: Software Dips- elaboración propia.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 44. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 03

Fuente: Software Dips – elaboración propia.

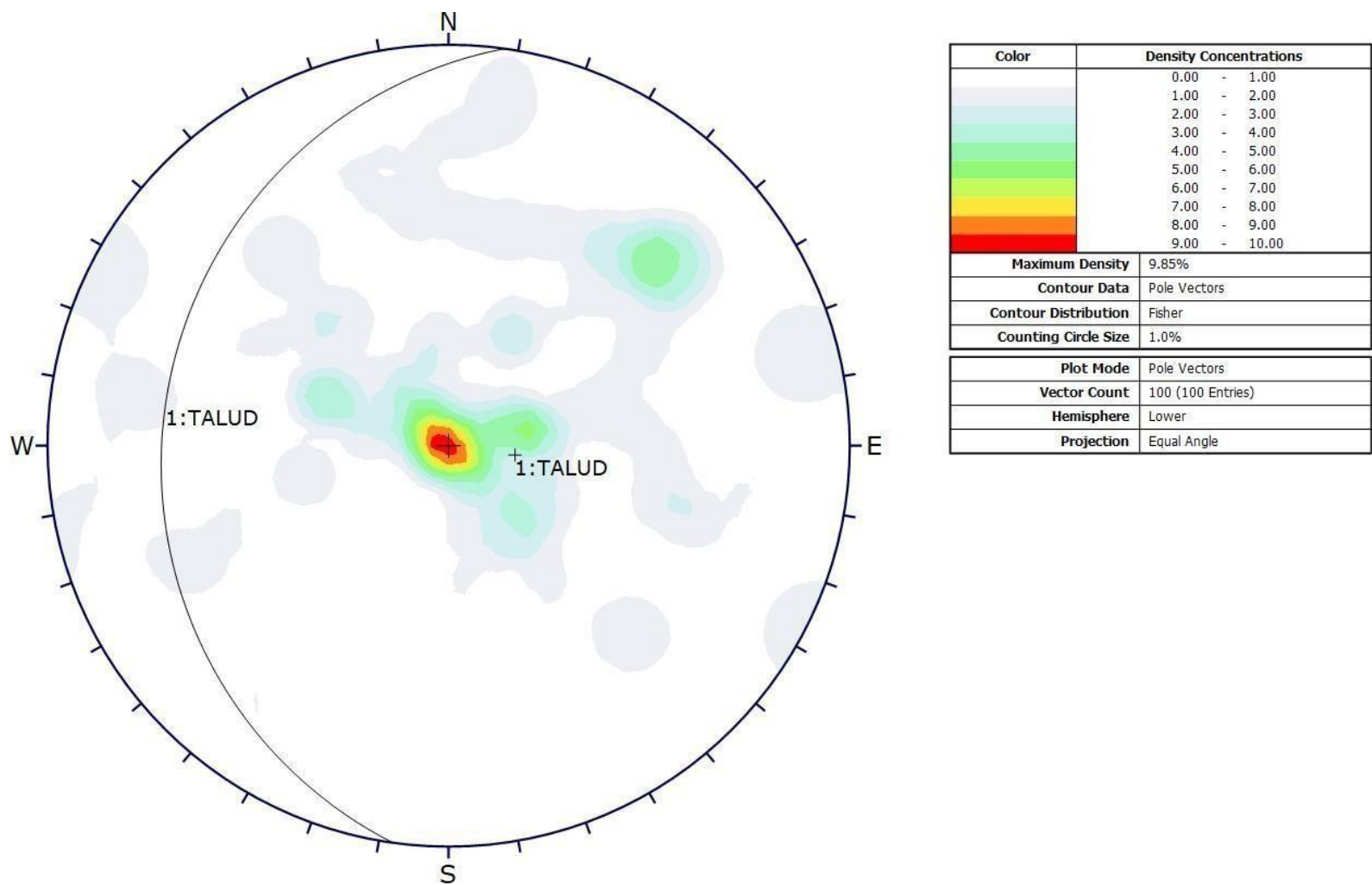
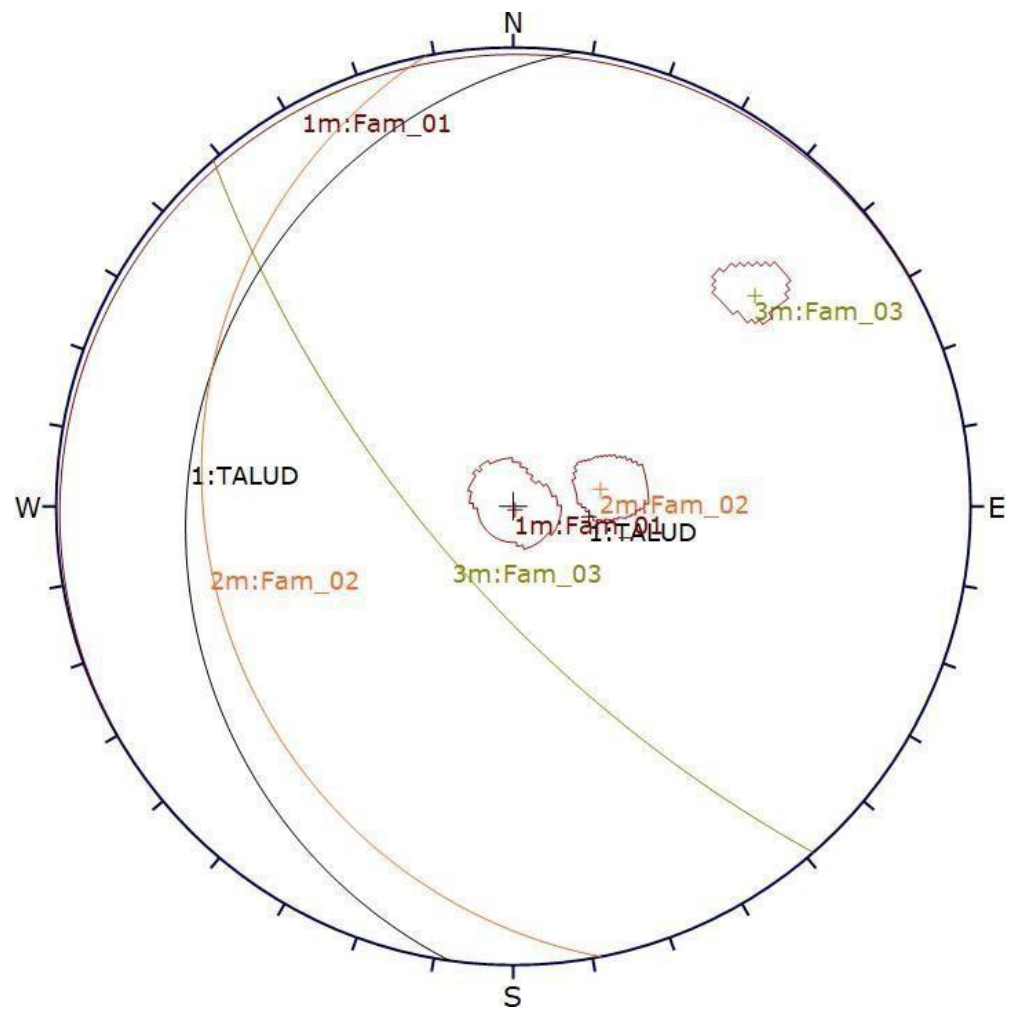


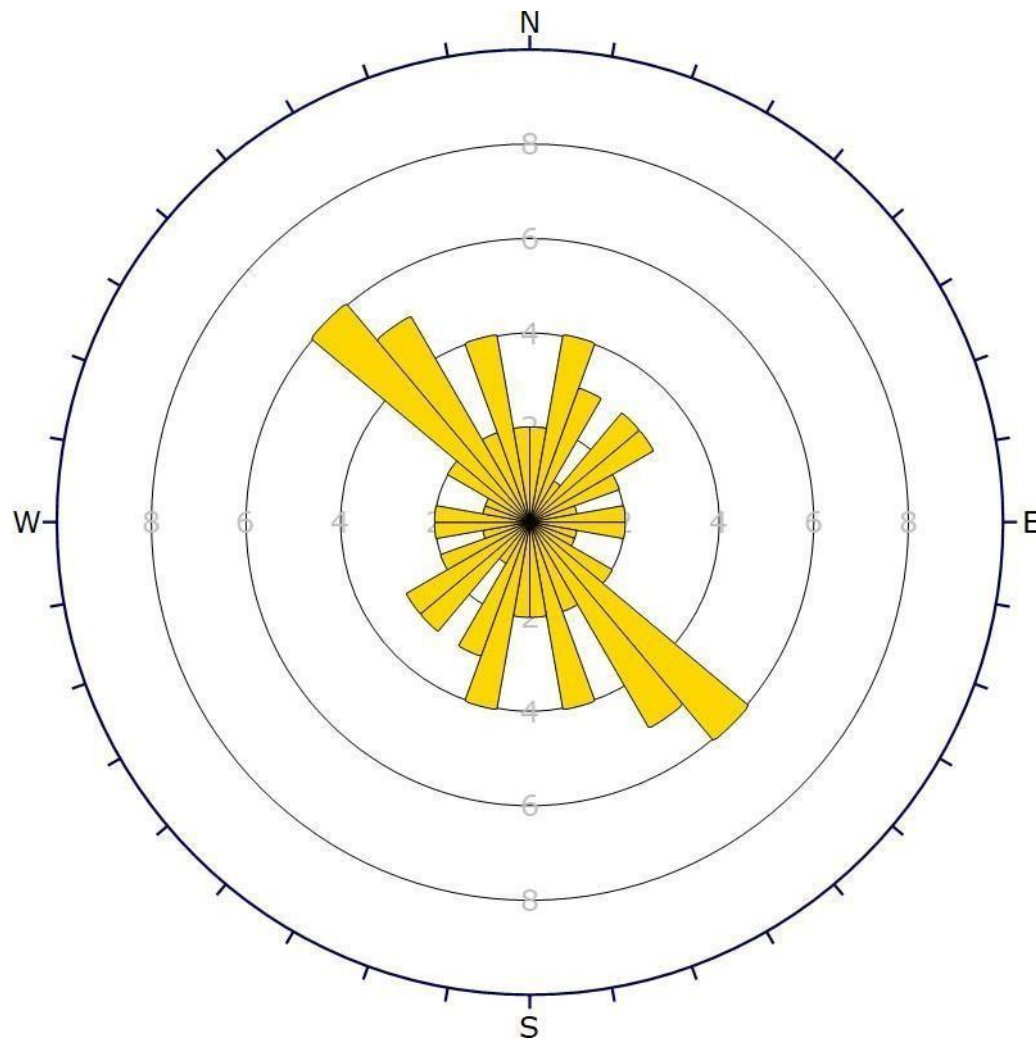
Gráfico N° 45. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 03

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		19	278	TALUD
Mean Set Planes				
1m		1	332	Fam_01
2m		22	259	Fam_02
3m		70	229	Fam_03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		100 (100 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

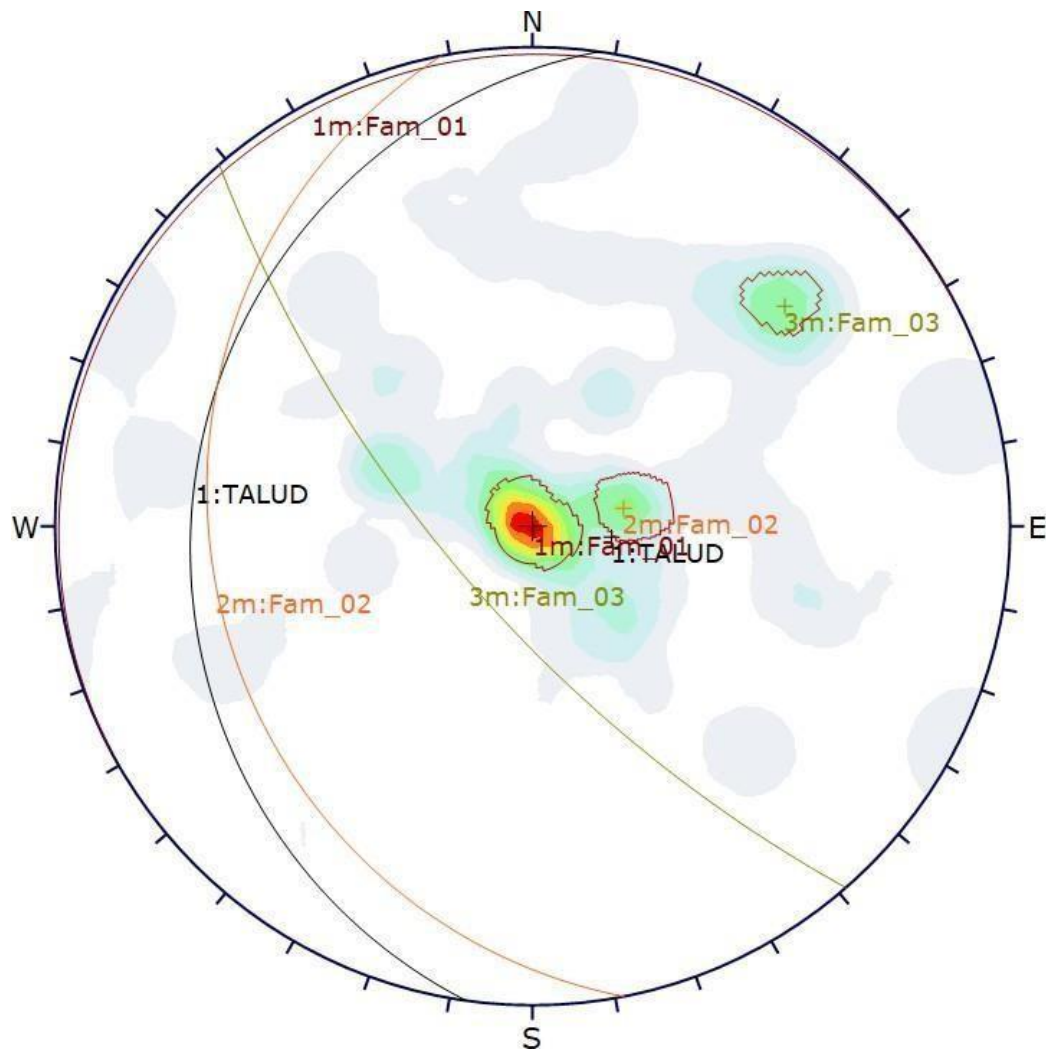
Gráfico N° 46. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 03
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	46
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Gráfico N° 47. Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 03

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.00
	1.00 - 2.00
	2.00 - 3.00
	3.00 - 4.00
	4.00 - 5.00
	5.00 - 6.00
	6.00 - 7.00
	7.00 - 8.00
	8.00 - 9.00
	9.00 - 10.00
Maximum Density 9.85%	
Contour Data Pole Vectors	
Contour Distribution Fisher	
Counting Circle Size 1.0%	
Plot Mode Pole Vectors	
Vector Count 100 (100 Entries)	
Hemisphere Lower	
Projection Equal Angle	

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		19	278	TALUD
Mean Set Planes				
1m		1	332	Fam_01
2m		22	259	Fam_02
3m		70	229	Fam_03
Plot Mode Pole Vectors				
Vector Count 100 (100 Entries)				
Hemisphere Lower				
Projection Equal Angle				

Gráfico N° 48. Trazado general de la estación geomecánica N° 03
Fuente: Software Dips – elaboración propia.

Tabla N° 47. Vista cuadrícula de los datos de campo:
Estación N° 04: 11+500 km - 12+250 km

ID	Dip	Dip Direction
1	54	237
2	73	202
3	63	214
4	63	303
5	71	229
6	77	239
7	62	263
8	52	227
9	43	201
10	57	217
11	72	298
12	54	234
13	66	254
14	62	259
15	67	307
16	42	254
17	57	279
18	69	294
19	42	200
20	54	204
21	49	302
22	46	284
23	41	257
24	60	312
25	51	298
26	75	279
27	49	232
28	80	282
29	68	281
30	67	315
31	79	297
32	68	288
33	49	308
34	63	259

ID	Dip	Dip Direction
35	59	214
36	64	298
37	70	298
38	55	203
39	56	204
40	56	244
41	75	232
42	65	282
43	75	286
44	77	239
45	45	236
46	63	296
47	51	256
48	63	318
49	66	250
50	46	320
51	76	227
52	54	294
53	75	213
54	72	234
55	69	298
56	63	206
57	52	229
58	52	279
59	55	294
60	72	276
61	59	253
62	70	216
63	71	230
64	58	299
65	41	294
66	62	319
67	60	296
68	65	238

ID	Dip	Dip Direction
69	50	285
70	69	231
71	67	218
72	57	236
73	44	207
74	52	215
75	69	314
76	60	252
77	40	222
78	42	311
79	68	288
80	49	288

Fuente: Software Dips – elaboración propia.

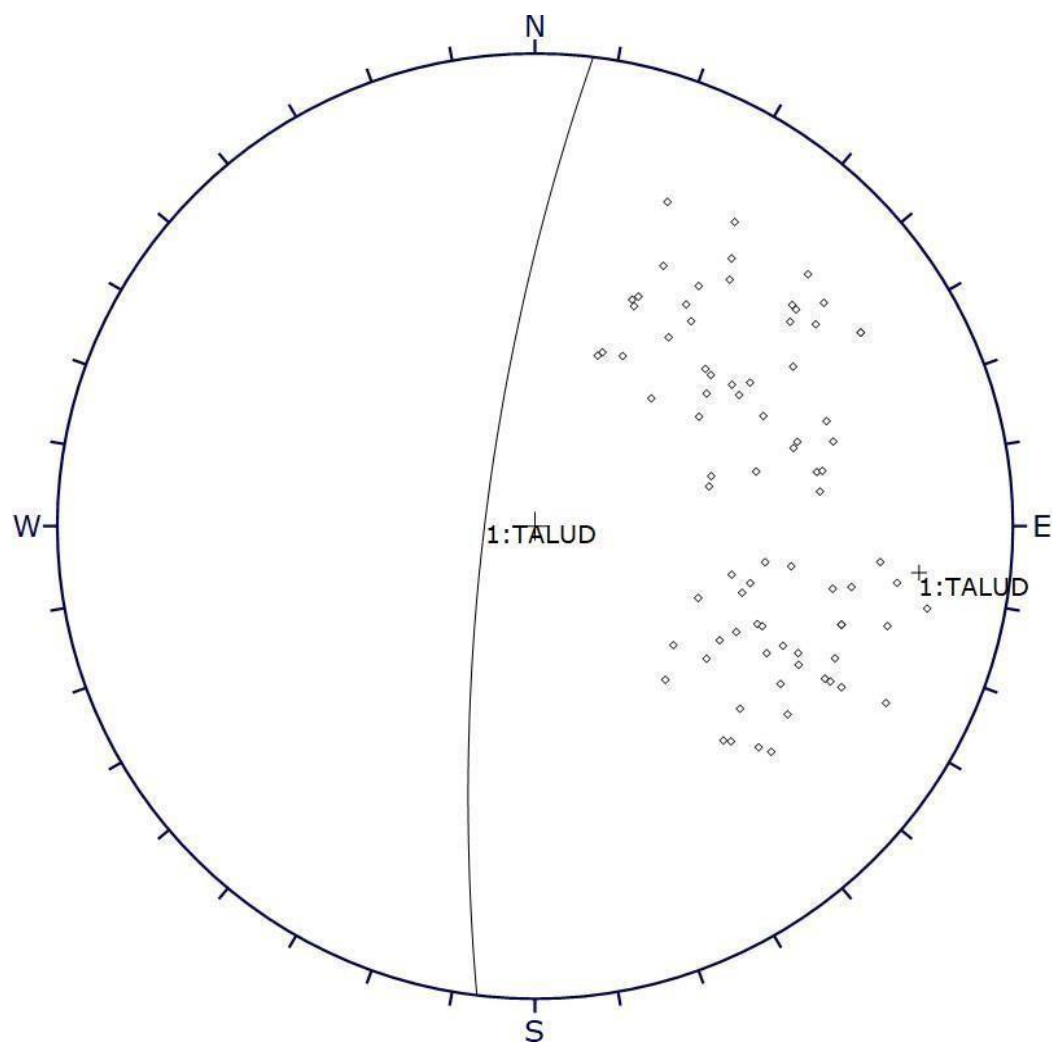
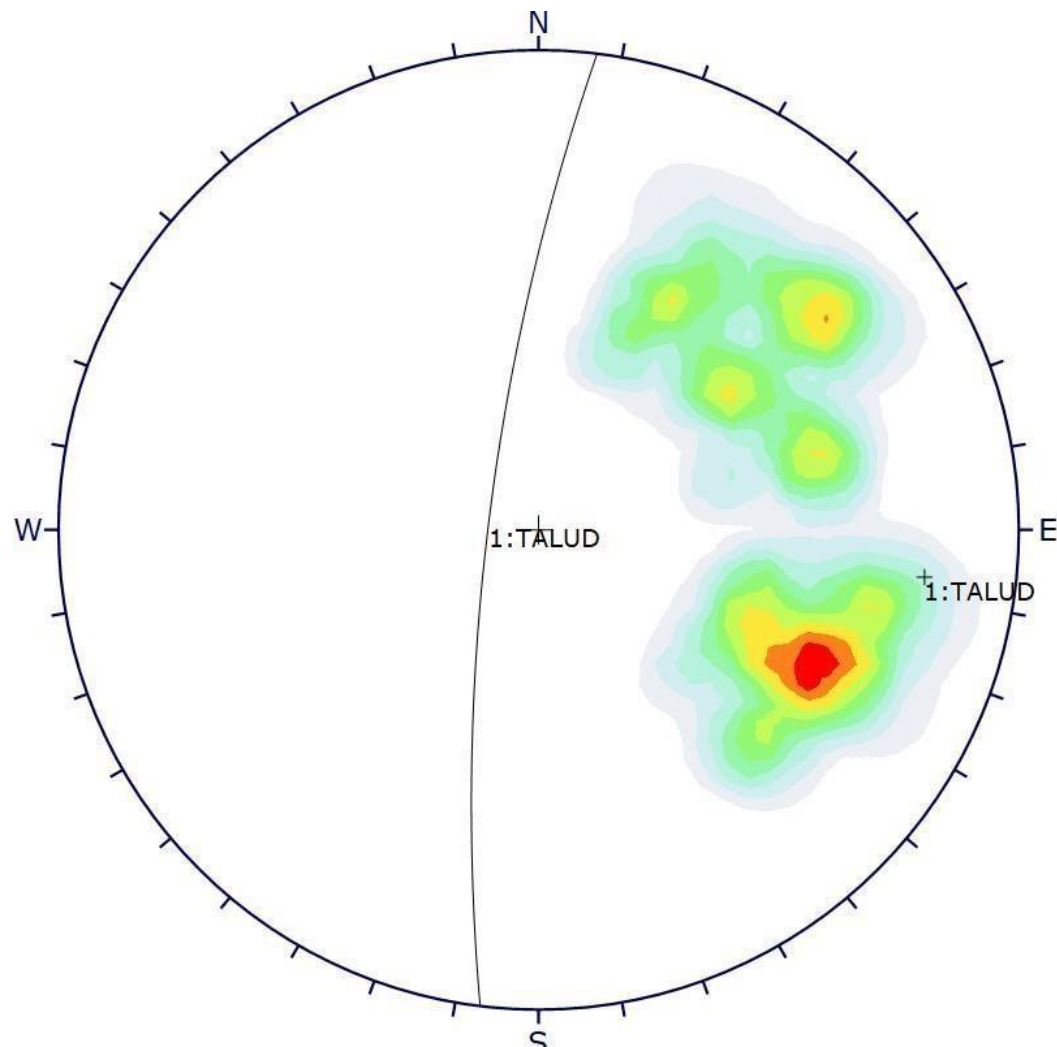


Gráfico N° 49. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 04

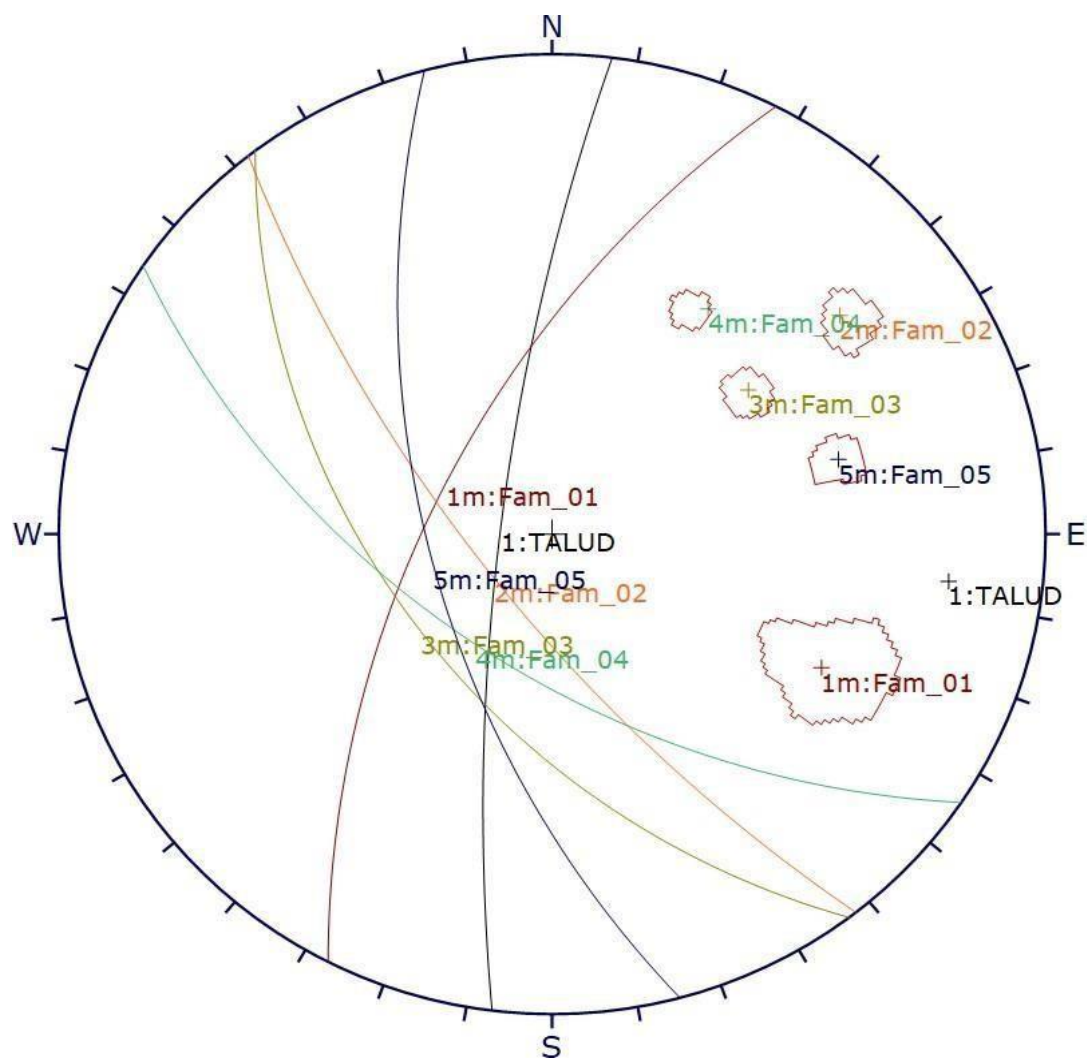
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.10
	1.10 - 2.20
	2.20 - 3.30
	3.30 - 4.40
	4.40 - 5.50
	5.50 - 6.60
	6.60 - 7.70
	7.70 - 8.80
	8.80 - 9.90
	9.90 - 11.00
Maximum Density	10.75%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	80 (80 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 50. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 04

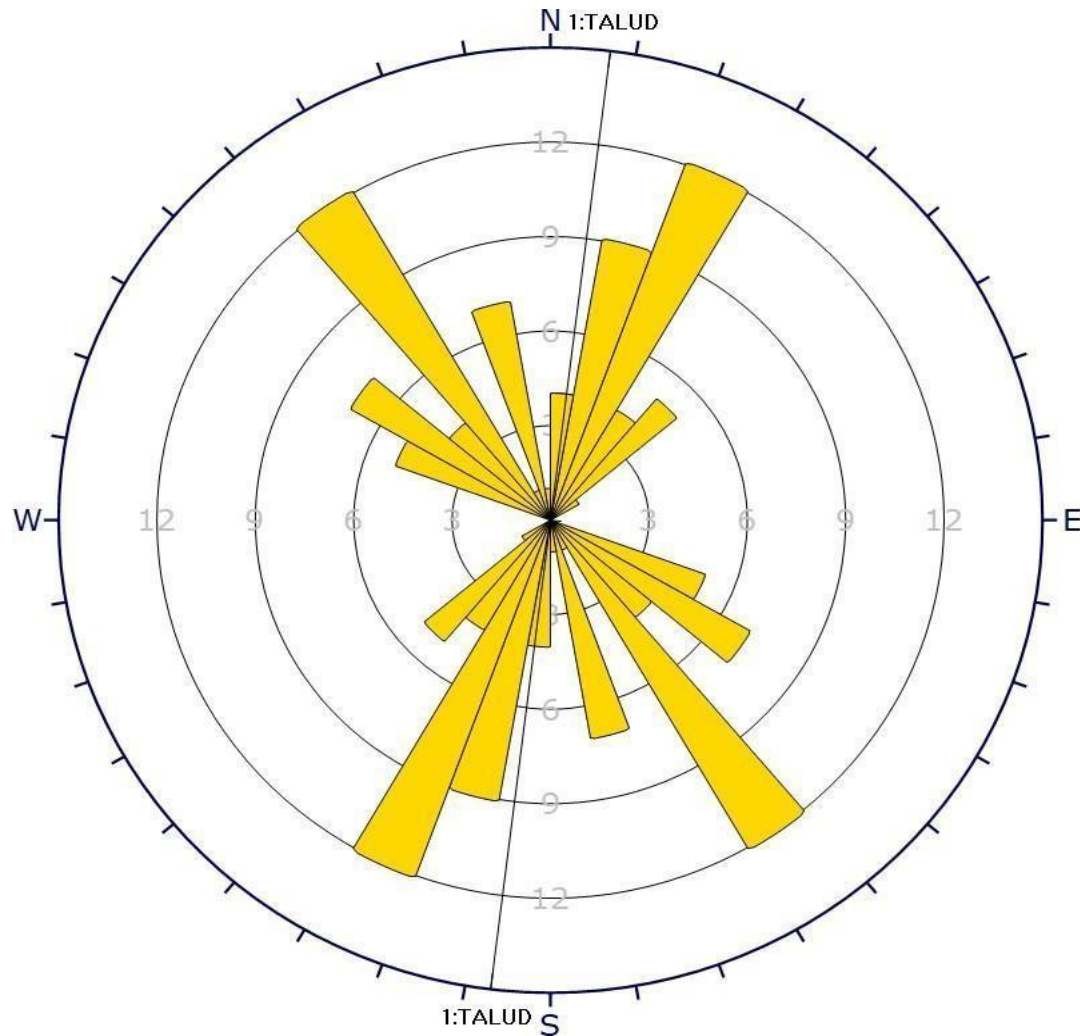
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		78	277	TALUD
Mean Set Planes				
1m		63	297	Fam_01
2m		73	232	Fam_02
3m		53	233	Fam_03
4m		59	214	Fam_04
5m		62	255	Fam_05
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		80 (80 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Gráfico N° 51. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 04

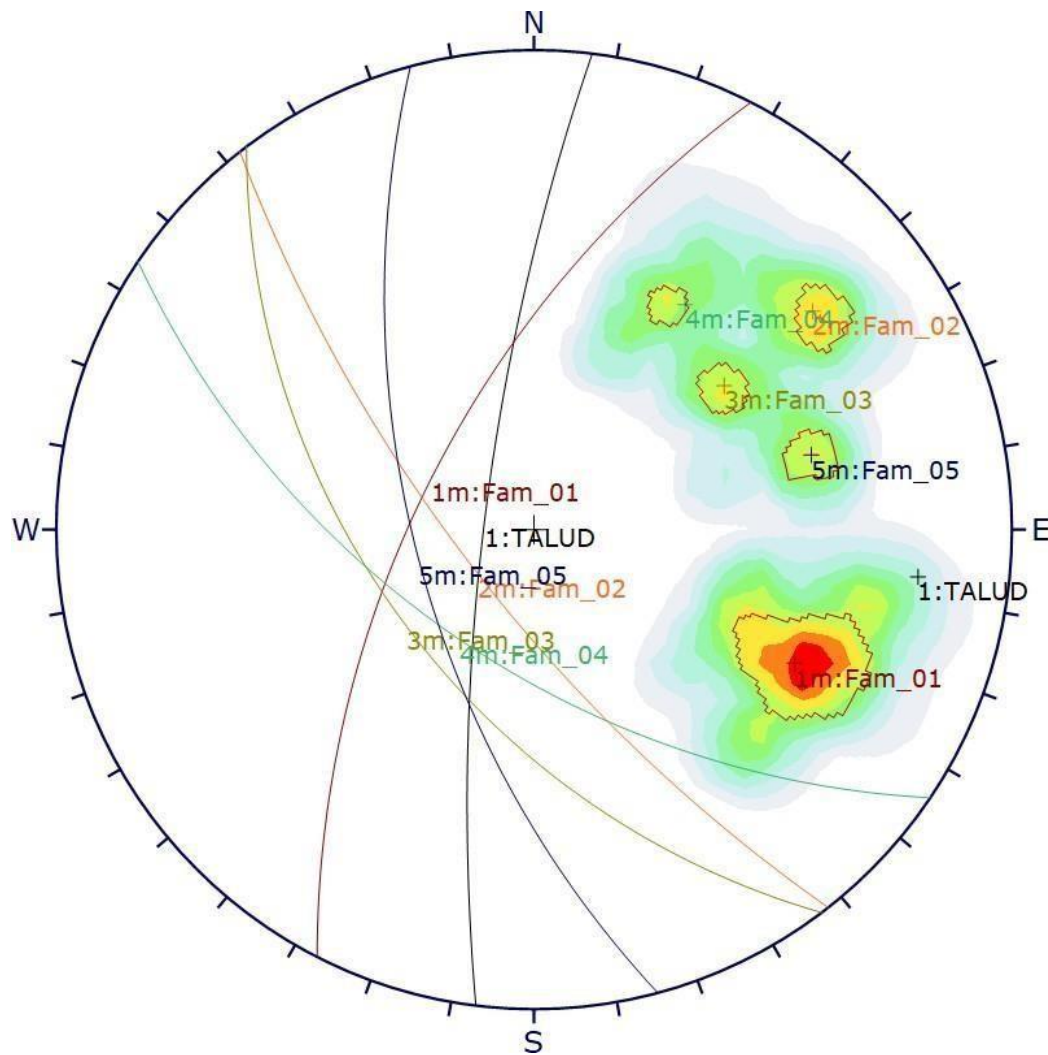
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	15 planes per arc
Planes Plotted	72
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Gráfico N° 52. Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 04

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.10
	1.10 - 2.20
	2.20 - 3.30
	3.30 - 4.40
	4.40 - 5.50
	5.50 - 6.60
	6.60 - 7.70
	7.70 - 8.80
	8.80 - 9.90
	9.90 - 11.00
Maximum Density	10.75%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	80 (80 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		78	277	TALUD
Mean Set Planes				
1m		63	297	Fam_01
2m		73	232	Fam_02
3m		53	233	Fam_03
4m		59	214	Fam_04
5m		62	255	Fam_05

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	80 (80 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 53. Trazado general de la estación geomecánica N° 04

Fuente: Software Dips – elaboración propia.

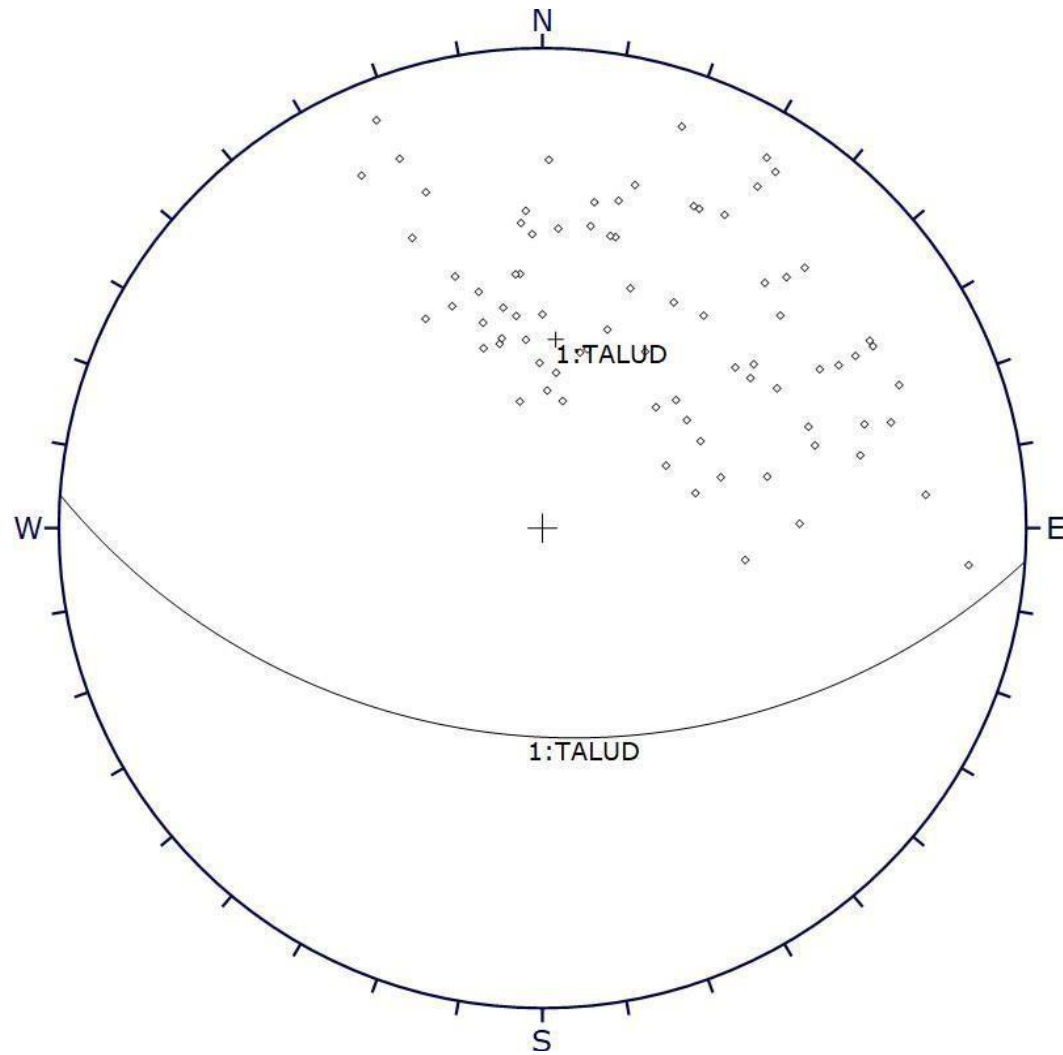
Tabla N° 48. Vista cuadrícula de los datos de campo:
Estación N° 05: 12+250 km - 13+000 km

ID	Dip	Dip Direction
1	74	210
2	53	151
3	32	243
4	58	217
5	64	194
6	30	170
7	76	240
8	70	193
9	75	225
10	56	234
11	83	275
12	70	241
13	64	193
14	74	253
15	77	248
16	54	165
17	47	198
18	41	241
19	48	173
20	69	189
21	73	205
22	70	252
23	67	156
24	73	161
25	83	199
26	32	182
27	46	279
28	61	249
29	53	158
30	43	167
31	75	181
32	55	230
33	48	164
34	50	170

ID	Dip	Dip Direction
35	36	257
36	56	175
37	59	239
38	76	241
39	77	265
40	56	200
41	42	194
42	56	174
43	67	228
44	64	183
45	67	240
46	41	233
47	41	192
48	38	223
49	69	222
50	42	254
51	43	162
52	30	189
53	56	269
54	61	253
55	65	176
56	46	210
57	84	211
58	58	161
59	83	213
60	67	177
61	57	210
62	51	257
63	73	195
64	44	168
65	42	226
66	73	206
67	65	189
68	80	212

ID	Dip	Dip Direction
69	38	179
70	72	224
71	85	158
72	36	185
73	58	232
74	63	178
75	79	159
76	43	175
77	68	257
78	79	153
79	73	241
80	48	180

Fuente: Software Dips – elaboración propia

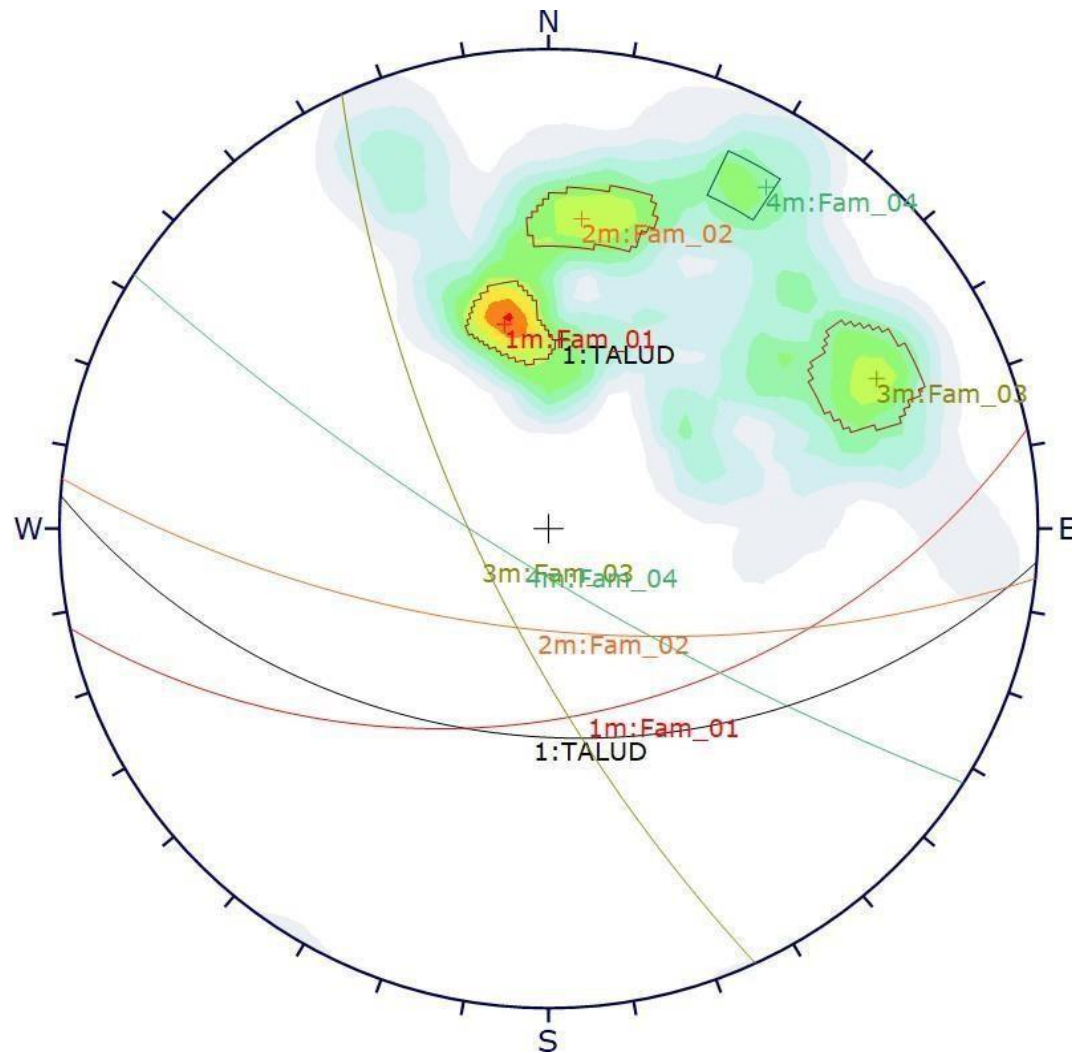


Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	80 (80 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 54. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 05

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.10
	1.10 - 2.20
	2.20 - 3.30
	3.30 - 4.40
	4.40 - 5.50
	5.50 - 6.60
	6.60 - 7.70
	7.70 - 8.80
	8.80 - 9.90
	9.90 - 11.00
Maximum Density	10.14%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

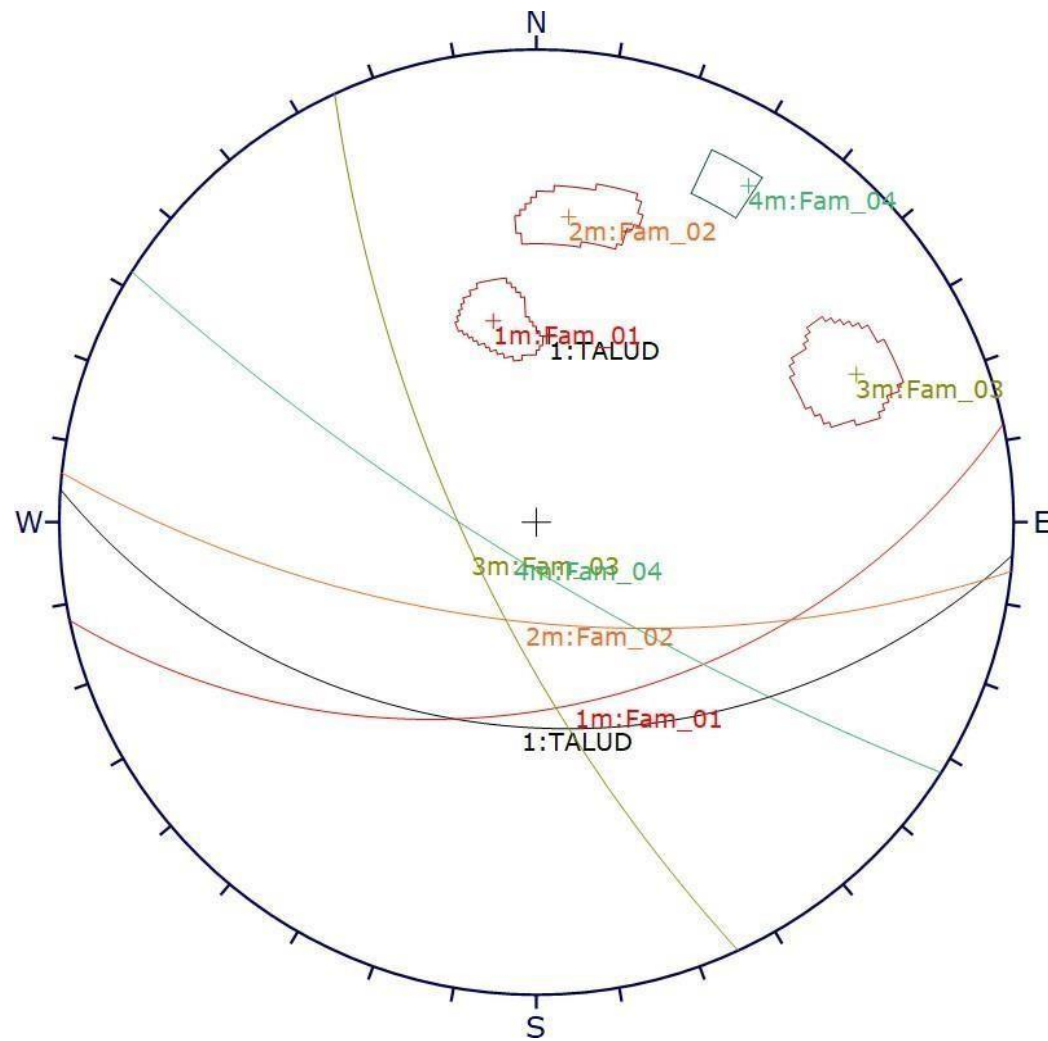
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	80 (80 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		43	184	TALUD
Mean Set Planes				
1m		47	168	Fam_01
2m		66	186	Fam_02
3m		73	245	Fam_03
4m		80	212	Fam_04

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	80 (80 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

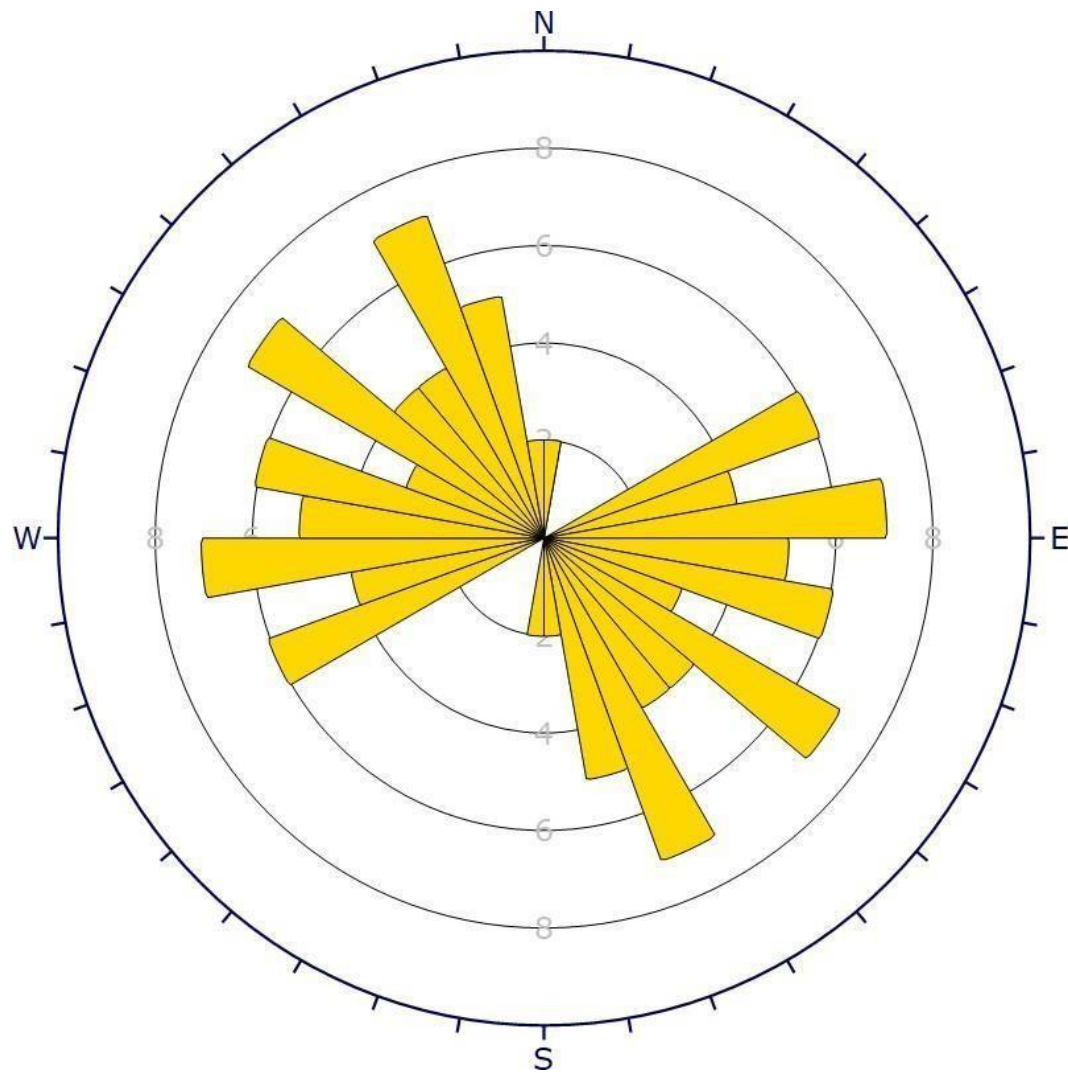
Gráfico N° 55. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 05

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		43	184	TALUD
Mean Set Planes				
1m		47	168	Fam_01
2m		66	186	Fam_02
3m		73	245	Fam_03
4m		80	212	Fam_04
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		80 (80 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Gráfico N° 56. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 05
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	62
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Gráfico N° 57. Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 05

Fuente: Software Dips – elaboración propia.

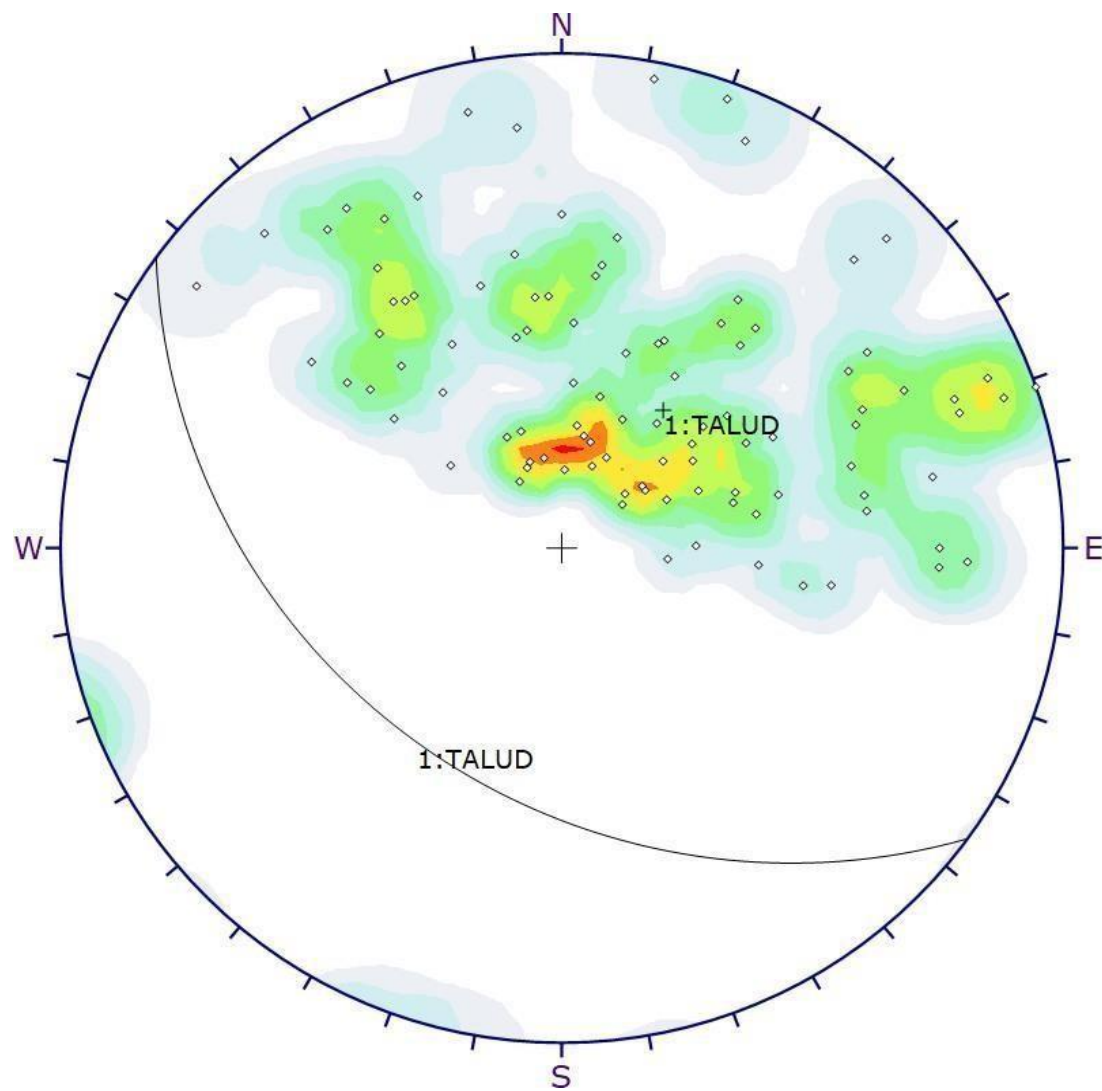
Tabla N° 49. Vista cuadrícula de los datos de campo:
Estación N° 09: 14+000 km - 14+500 km

ID	Dip	Dip Direction
1	72	237
2	35	217
3	49	205
4	52	279
5	28	154
6	20	157
7	28	161
8	43	143
9	58	163
10	82	137
11	25	195
12	40	252
13	20	200
14	74	152
15	65	190
16	26	191
17	61	148
18	63	215
19	61	150
20	53	130
21	74	259
22	58	215
23	21	160
24	50	206
25	84	204
26	62	171
27	30	269
28	74	270
29	78	148
30	18	148
31	75	158
32	62	146
33	17	234
34	48	171

ID	Dip	Dip Direction
35	35	194
36	88	200
37	23	206
38	62	254
39	28	187
40	57	128
41	77	144
42	43	275
43	59	140
44	85	248
45	23	235
46	60	188
47	37	184
48	78	272
49	47	168
50	41	229
51	54	174
52	46	240
53	31	127
54	35	236
55	58	187
56	43	260
57	64	127
58	90	251
59	21	169
60	68	238
61	68	180
62	49	183
63	24	276
64	23	232
65	68	147
66	80	251
67	88	191
68	84	126

ID	Dip	Dip Direction
67	88	191
68	84	126
69	61	221
70	67	245
71	48	256
72	32	205
73	50	152
74	45	213
75	39	255
76	33	247
77	79	225
78	80	249
79	63	260
80	26	245
81	63	263
82	54	177
83	18	182
84	46	231
85	51	242
86	19	229
87	45	198
88	52	139
89	81	174
90	84	226
91	65	247
92	30	229
93	74	273
94	46	128
95	57	278
96	86	251
97	57	221
98	37	231
99	74	245
100	84	168

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

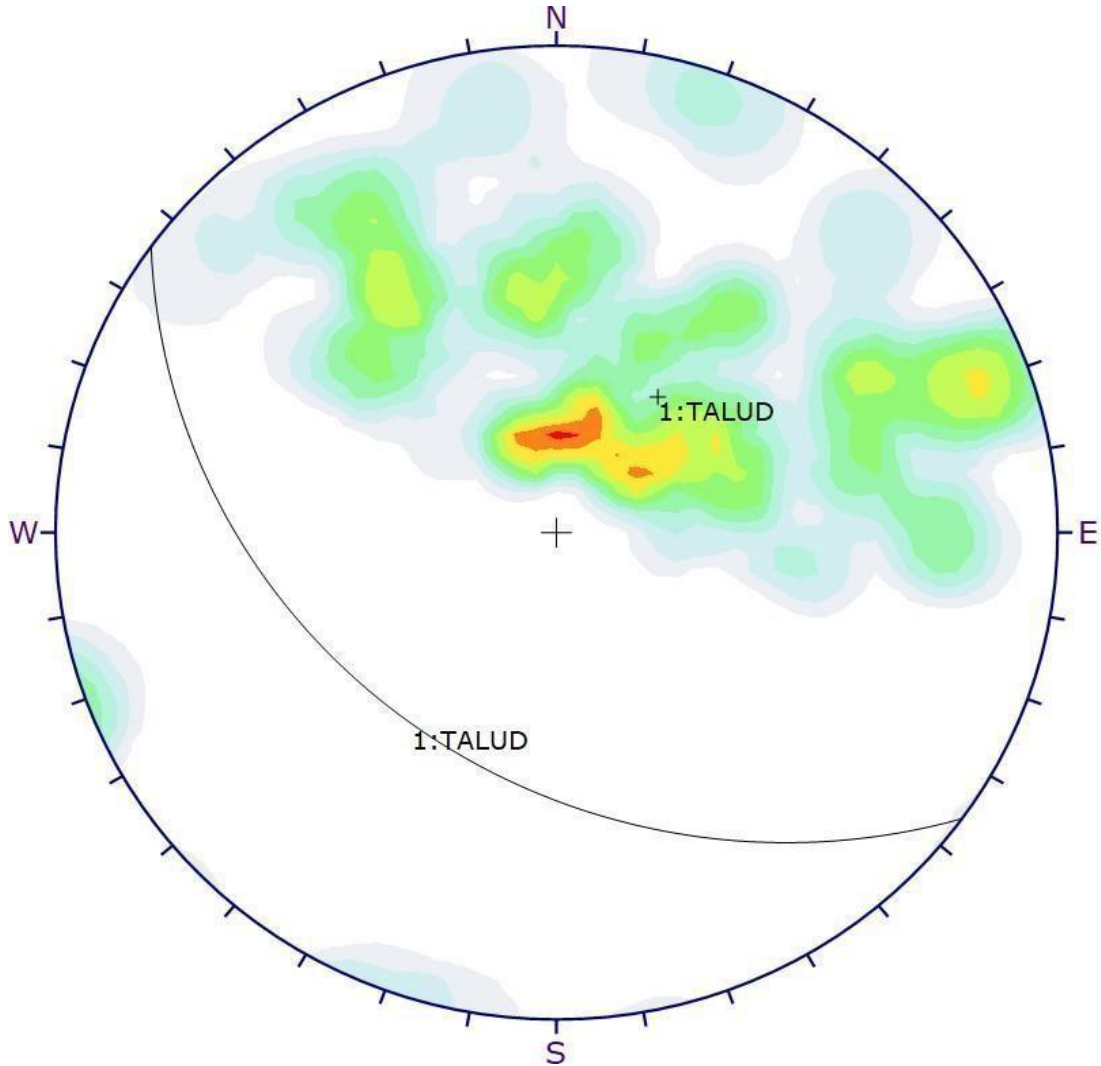
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.65
	0.65 - 1.30
	1.30 - 1.95
	1.95 - 2.60
	2.60 - 3.25
	3.25 - 3.90
	3.90 - 4.55
	4.55 - 5.20
	5.20 - 5.85
	5.85 - 6.50

Maximum Density	6.07%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 58. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 09

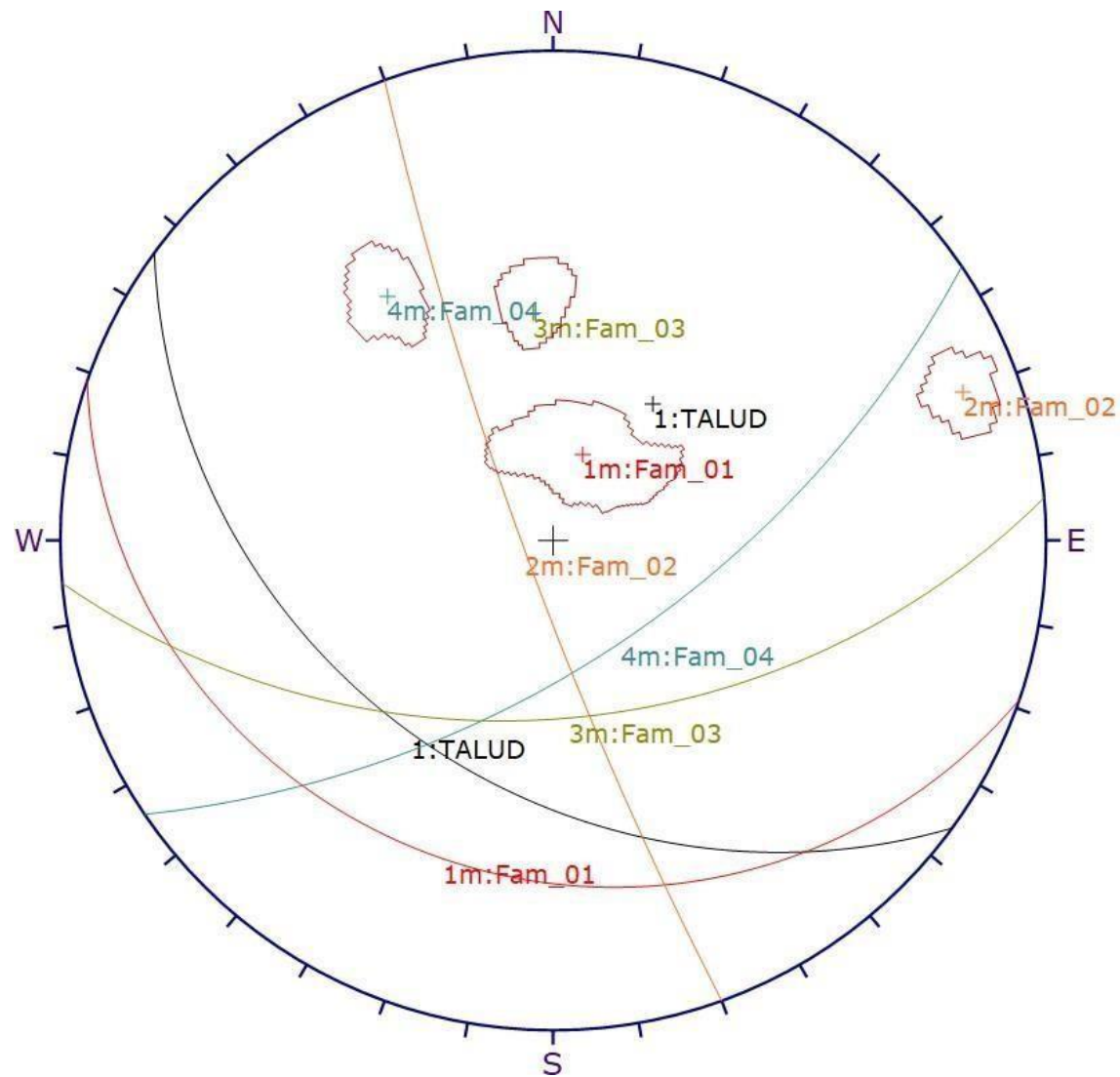
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations	
	0.00	- 0.65
	0.65	- 1.30
	1.30	- 1.95
	1.95	- 2.60
	2.60	- 3.25
	3.25	- 3.90
	3.90	- 4.55
	4.55	- 5.20
	5.20	- 5.85
	5.85	- 6.50
Maximum Density		6.07%
Contour Data		Pole Vectors
Contour Distribution		Fisher
Counting Circle Size		1.0%
Plot Mode		Pole Vectors
Vector Count		100 (100 Entries)
Hemisphere		Lower
Projection		Equal Angle

Gráfico N° 59. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 09

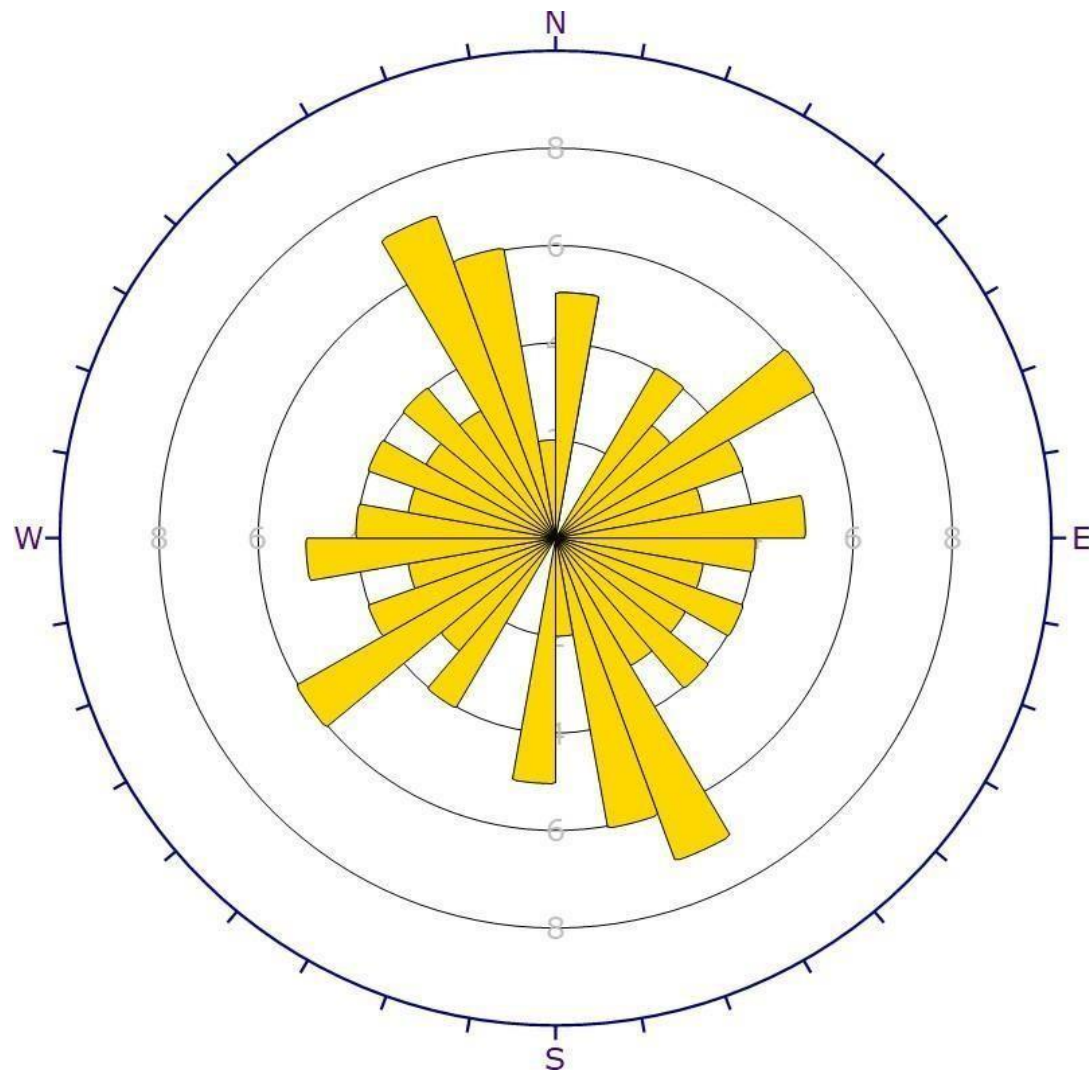
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		38	216	TALUD
Mean Set Planes				
1m		21	199	Fam_01
2m		83	250	Fam_02
3m		50	175	Fam_03
4m		62	146	Fam_04
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		100 (100 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Gráfico N° 60. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECAÁNICA N° 09

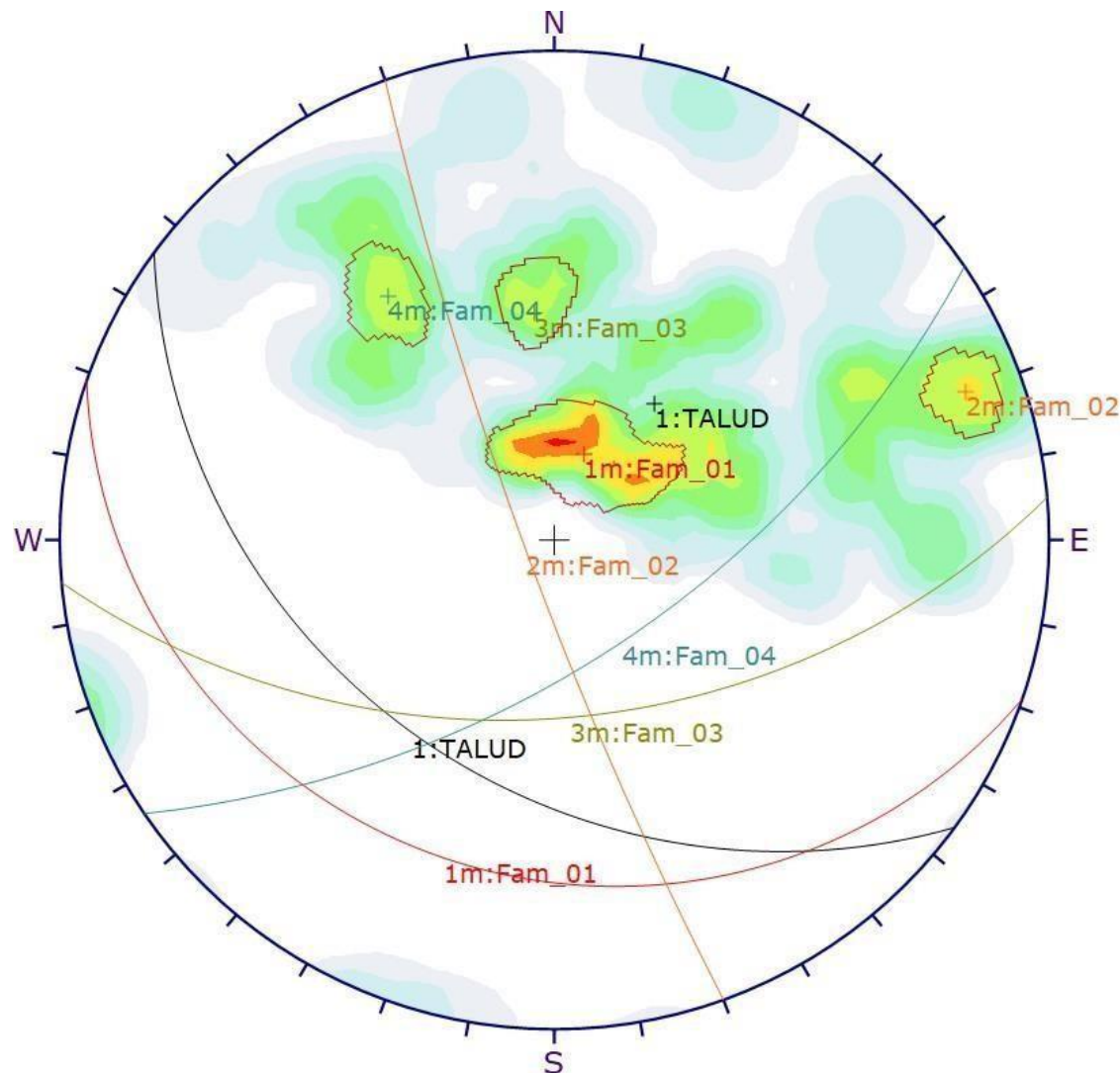
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	66
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Gráfico N° 61. Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 09

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.65
	0.65 - 1.30
	1.30 - 1.95
	1.95 - 2.60
	2.60 - 3.25
	3.25 - 3.90
	3.90 - 4.55
	4.55 - 5.20
	5.20 - 5.85
	5.85 - 6.50
Maximum Density 6.07%	
Contour Data Pole Vectors	
Contour Distribution Fisher	
Counting Circle Size 1.0%	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		38	216	TALUD
Mean Set Planes				
1m		21	199	Fam_01
2m		83	250	Fam_02
3m		50	175	Fam_03
4m		62	146	Fam_04

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 62. Trazado general de la estación geomecánica N° 09

Fuente: Software Dips – elaboración propia.

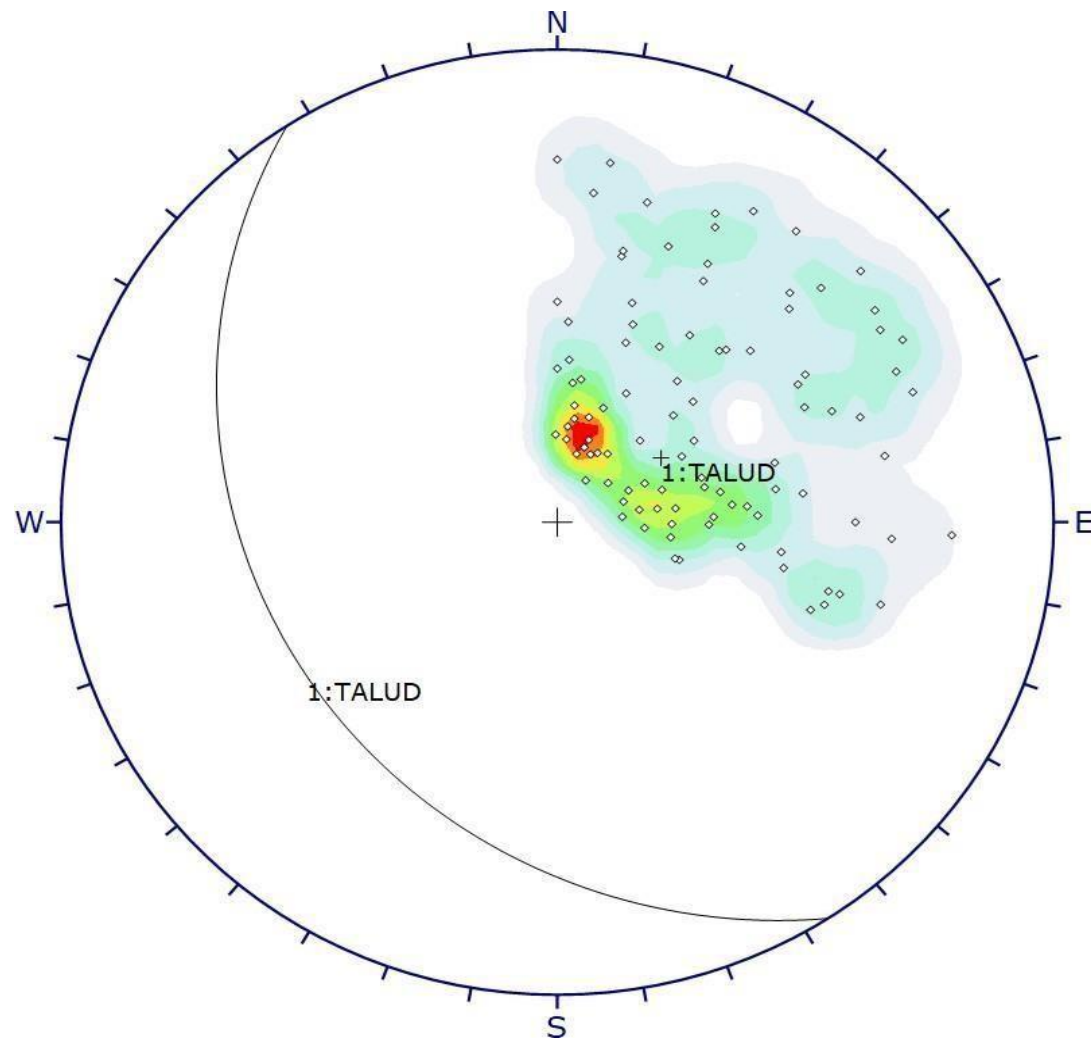
Tabla N° 50. Vista cuadrícula de los datos de campo:
Estación N° 10: 14+500 km - 15+000 km

ID	Dip	Dip Direction
1	48	261
2	33	186
3	64	201
4	49	278
5	62	270
6	59	239
7	77	272
8	49	254
9	68	258
10	61	238
11	34	271
12	18	245
13	36	180
14	25	189
15	42	219
16	32	241
17	59	288
18	75	211
19	50	180
20	72	206
21	34	256
22	20	215
23	27	263
24	12	213
25	36	238
26	36	226
27	35	268
28	46	209
29	75	249
30	44	268
31	25	252
32	20	186
33	76	218
34	29	288

ID	Dip	Dip Direction
37	48	200
38	27	224
39	68	273
40	23	262
41	58	244
42	41	227
43	41	278
44	26	271
45	70	186
46	75	180
47	19	199
48	61	210
49	75	238
50	70	207
51	50	282
52	61	285
53	64	209
54	70	195
55	18	205
56	34	189
57	60	193
58	53	263
59	15	231
60	39	264
61	42	265
62	78	229
63	29	201
64	19	261
65	44	200
66	28	288
67	28	188
68	46	183
69	56	227
70	20	274

ID	Dip	Dip Direction
67	28	188
68	46	183
69	56	227
70	20	274
71	34	252
72	15	265
73	66	226
74	21	179
75	26	196
76	75	188
77	61	193
78	76	235
79	62	247
80	16	252
81	52	222
82	26	278
83	68	224
84	34	207
85	19	199
86	59	285
87	37	259
88	68	285
89	57	290
90	74	245
91	17	195
92	66	250
93	72	227
94	21	200
95	51	214
96	53	223
97	38	184
98	23	186
99	77	241
100	52	198

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

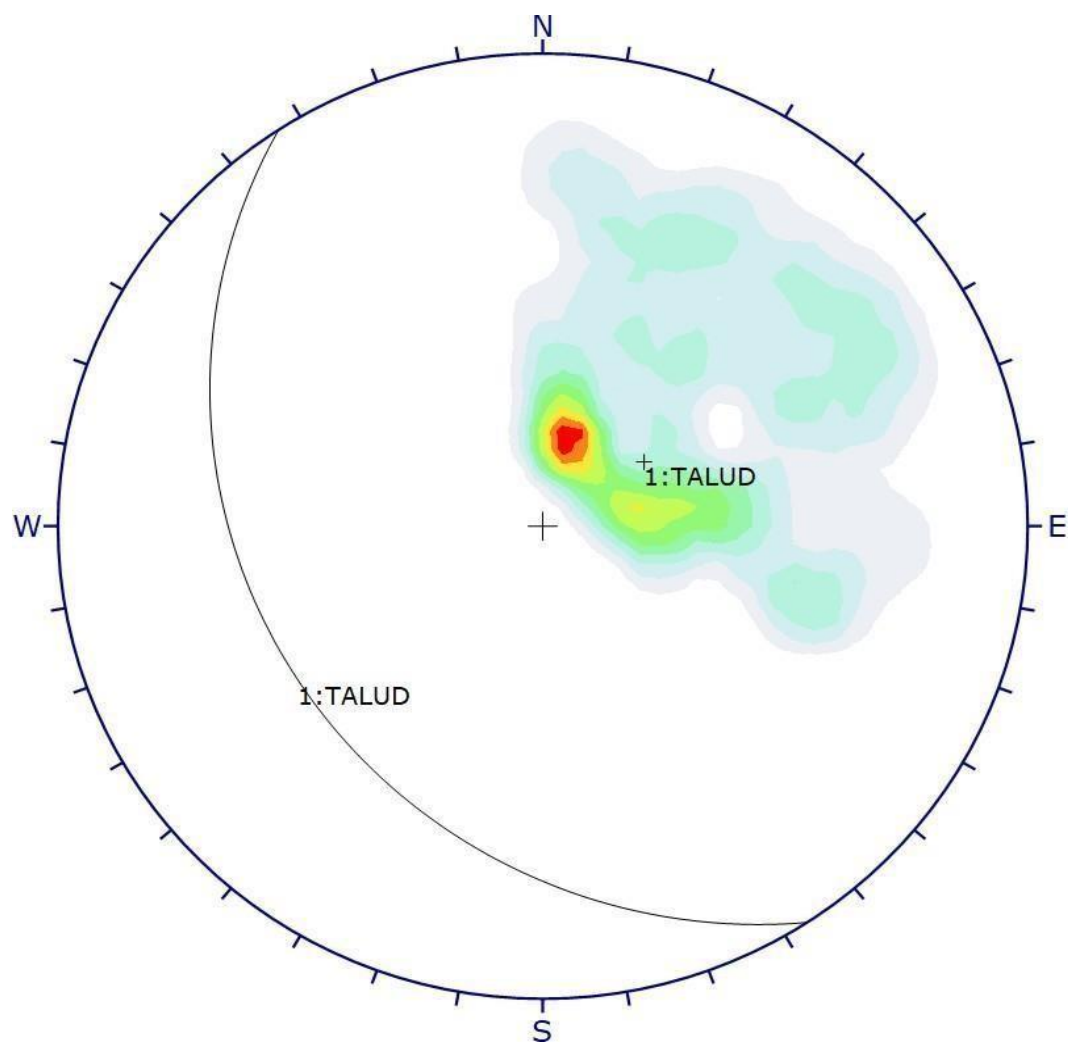
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00

Maximum Density	11.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 63. Trazado de polos de discontinuidades- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 10

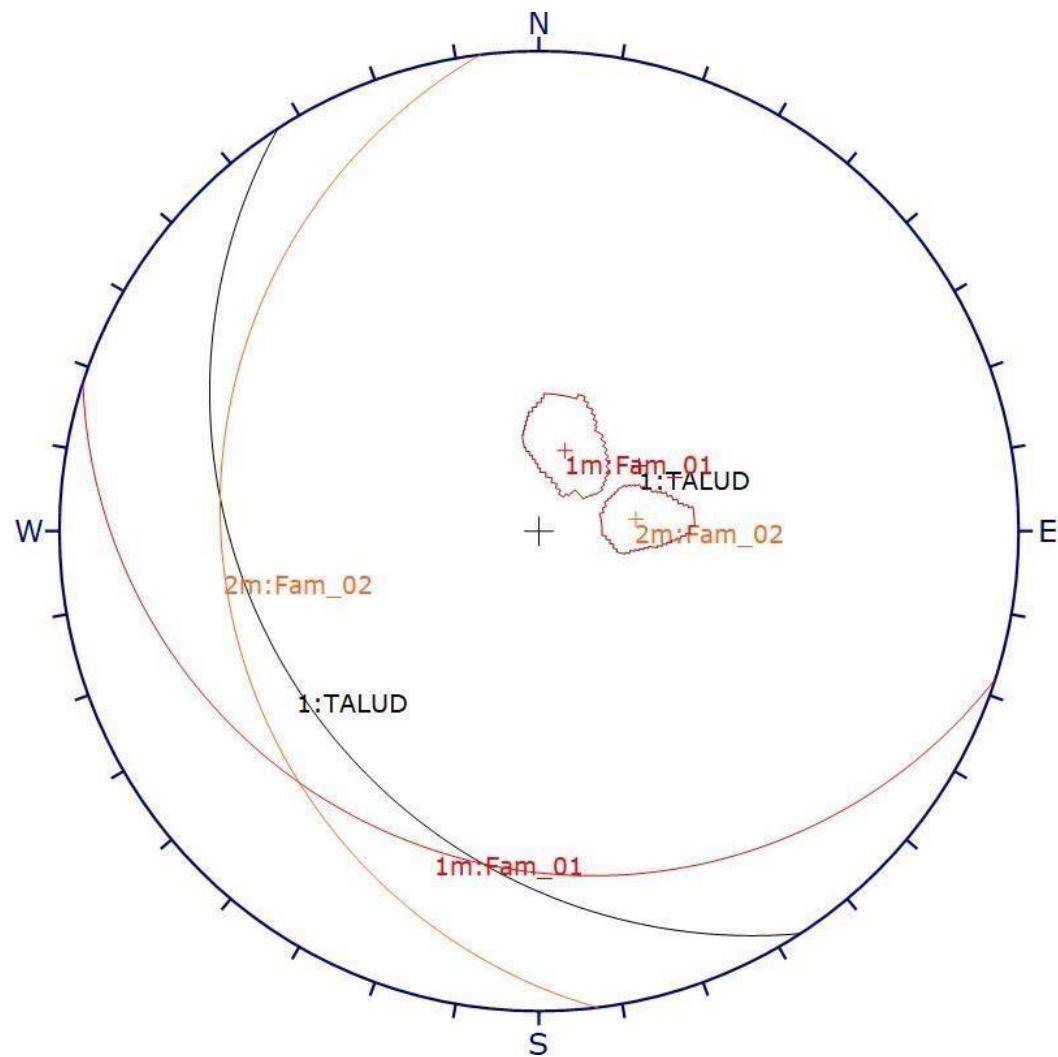
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00
Maximum Density	11.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

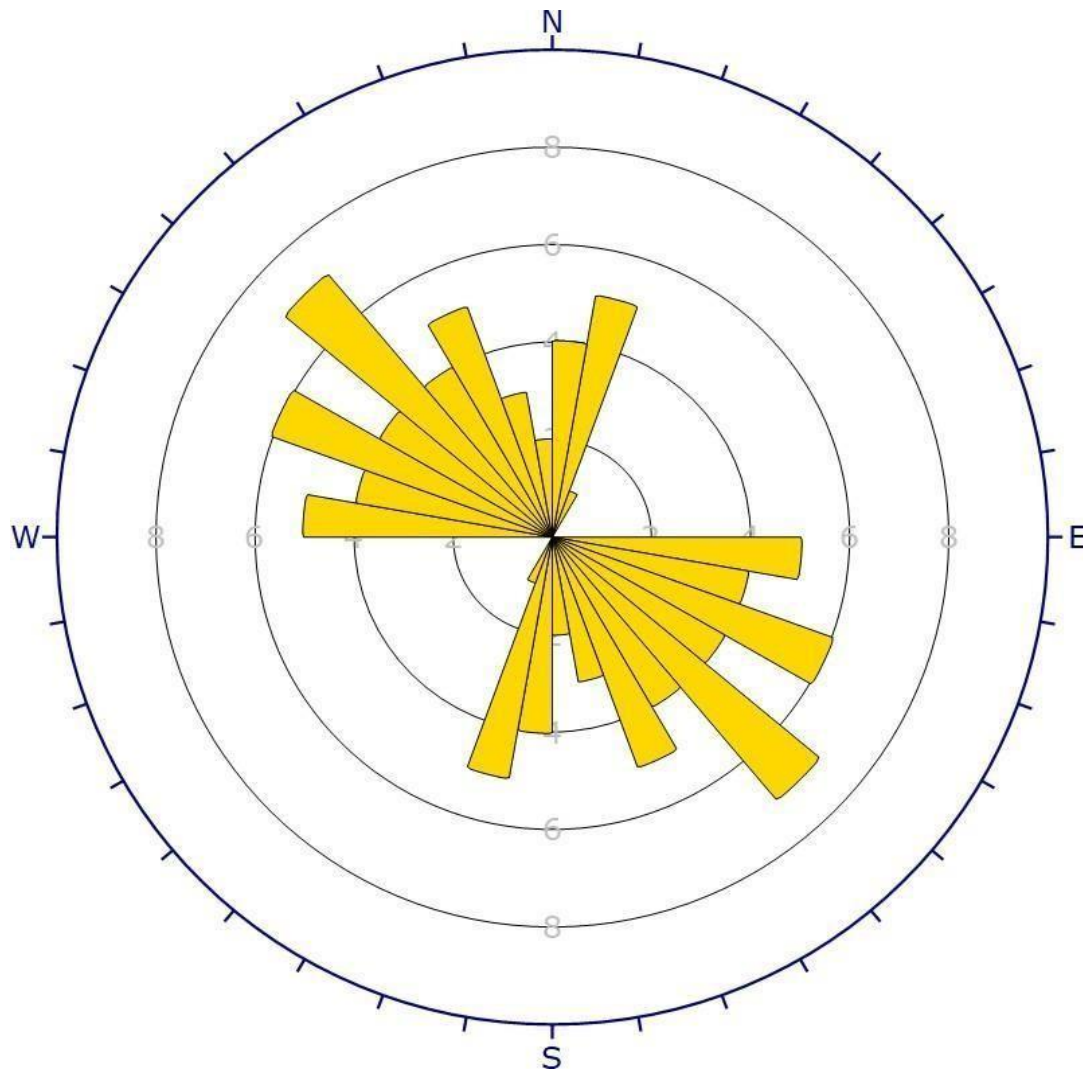
Gráfico N° 64. Trazado de contornos - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 10

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		28	237	TALUD
Mean Set Planes				
1m		20	198	Fam_01
2m		23	263	Fam_02
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		100 (100 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

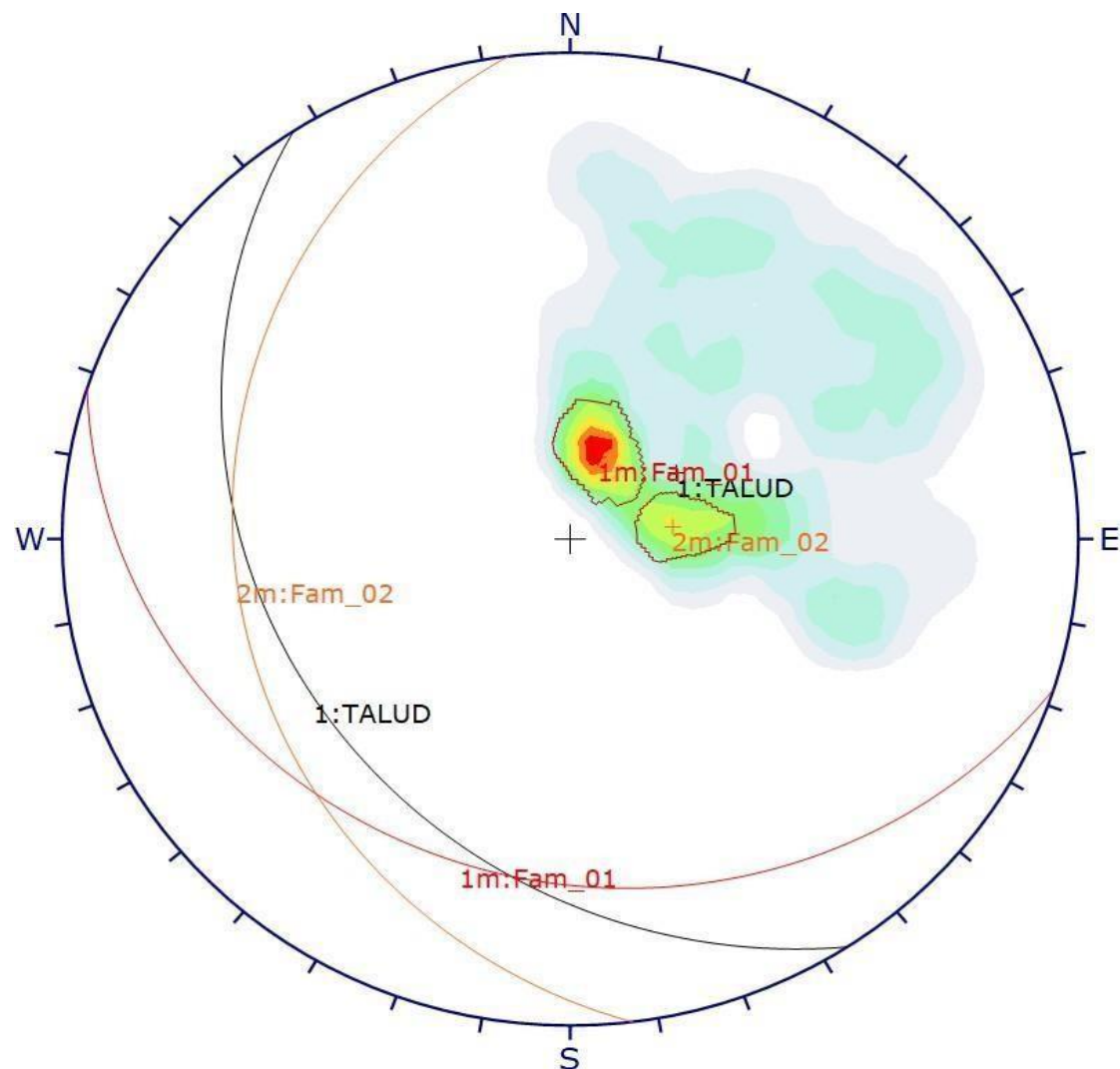
Gráfico N° 65. Trazado de planos principales- ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 10
Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	50
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Gráfico N° 66. Trazado de Rosetas - ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 10

Fuente: Software Dips – elaboración propia.



Color	Density Concentrations	
	0.00	- 1.20
	1.20	- 2.40
	2.40	- 3.60
	3.60	- 4.80
	4.80	- 6.00
	6.00	- 7.20
	7.20	- 8.40
	8.40	- 9.60
	9.60	- 10.80
	10.80	- 12.00
Maximum Density		11.58%
Contour Data		Pole Vectors
Contour Distribution		Fisher
Counting Circle Size		1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		28	237	TALUD
Mean Set Planes				
1m		20	198	Fam_01
2m		23	263	Fam_02

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	100 (100 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gráfico N° 67. Trazado general de la estación geomecánica N° 10

Fuente: Software Dips – elaboración propia.

Anexo N° 11. Uso de las aplicaciones de las guías de clasificaciones geomecánicas



Fuente: elaboración propia.

Anexo N° 12. Tablas de la clasificación geomecánica RMR y GSI

SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	15	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06			
	Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 5.0	> 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blando (< 5 mm)	Relleno blando (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (lt/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor σ	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

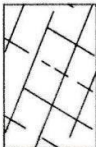
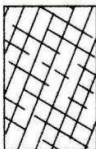



Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20

Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm²)	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO PARA RESISTENCIAS ESTIMADAS. ÍNDICE "GSI" (SEGÚN HOEK & BROWN - 2002).						
Basado en la apariencia de la roca, elegir la categoría que piensa le da la mejor descripción de las condiciones in situ "promedio" no disturbadas. Tener en cuenta que las superficies de roca expuestas por voladura pueden dar una impresión errónea de la calidad de la roca subyacente y que puede ser necesario algún ajuste por el daño producido por el disparo. Una evaluación de los testigos de perforación diamantina o de las superficies creadas por pre-corte o por voladura controlada puede ser útil para hacer estos ajustes. Esto también es importante para reconocer que el "fracturamiento" se debe juzgar sobre la base de la relación entre el tamaño de los bloques y el tamaño de la superficie excavada bajo consideración.		CONDICIÓN SUPERFICIAL O DE DISCONTINUIDADES.				
		MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA). SUPERFICIES DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS. INALTERADAS, CERRADAS (Rc > 250 MPa).	BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE DESCOMPUESTA). SUPERFICIES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADAS, MANCHAS DE OXIDACIÓN, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 100 ~ 250 MPa).	REGULAR (RESISTENCIA REGULAR, DESCOMPUESTA). SUPERFICIES LISAS, ALTERADAS A MODERADAMENTE ALTERADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 50 ~ 100 MPa).	POBRE (SUAVE, ALTAMENTE DESCOMPUESTA). SUPERFICIES ESTRIADAS, ALTAMENTE ALTERADAS, CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS COMPACTOS CONTENIENDO FRAGMENTOS ANGULARES DE ROCA, MUY ABIERTAS (Rc 25 ~ 50 MPa).	MUY POBRE (MUY SUAVE, EXTREMADAMENTE DESCOMPUESTA). SUPERFICIES ESTRIADAS, ALTAMENTE ALTERADAS, CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS SUAVES DE ARCILLAS, MUY ABIERTAS (Rc < 25 MPa).
CONDICIÓN ESTRUCTURAL.						
	LEVEMENTE FRACTURADA. MENOS DE TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, MUY ESPACIADAS ENTRE SÍ (RQD 75 % ~ 90 %, donde RQD = 115 - 3.3 x Jn).	LF/MB	LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP
	FRACTURADA. MASA ROCOSA MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, CONSISTENTE DE BLOQUES CÚBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES, SIN FINOS (RQD 50 % ~ 75 %).	F/MB	F/B	F/R	F/P	F/MP
	MUY FRACTURADA. MASA ROCOSA TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, CON MÚLTIPLES BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MÁS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, CON UNA MUY BAJA PROPORCIÓN DE FINOS (RQD 25 % ~ 50 %).	MF/MB	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
	INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERSECTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, CON UNA BAJA PROPORCIÓN DE FINOS (RQD 10 % ~ 25 %).	IF/MB	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP
	TRITURADA O BRECHADA. MASA ROCOSA POBREMENTE TRABADA, EXTREMADAMENTE QUEBRADA, CON UNA COMBINACIÓN DE FRAGMENTOS ANGULOSOS Y REDONDEADOS, CON UNA PROPORCIÓN CADA VEZ MAYOR DE FINOS (SIN RQD).	T/MB	T/B	T/R	T/P	T/MP

JALP - 2007

Anexo N° 13. Muestras traídas de campo para realizar los ensayos necesarios en laboratorio



Fuente: elaboración propia.

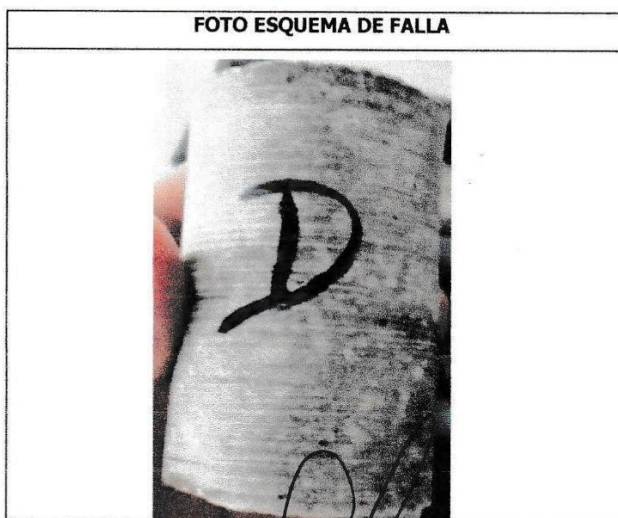
INFORME DE RESULTADOS: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCA ASTM.D 2938

PROYECTO: Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000

Ubicación: Otuzco – La Libertad
Cientes: José Luis Arroyo Valle, Willian Anderson Rodrigo Meléndez
Tipo de Muestra: Roca ígnea-Plutónica
Fecha de recepción de la muestra: 03/10/19
Código de Proyecto: LAB-001-19
Informe: Desarrollo de tesis
Descripción de la muestra : Diorita color gris

Lugar: Carretera Trujillo-Otuzco del Km 10 al Km 15
No de Muestra: 01
Orden de Servicio: OS-IGR-LAB-001-19-02
Fecha de ensayo: 21/10/2019


PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA	
Diámetro (mm)	55
Altura (mm)	120
Peso de la probeta (g):	680.765
Carga máxima (KN)	179.618
Relación altura/diámetro	2.18
Área (mm²)	2375.835
Volumen (mm³)	285100.2
Densidad(g/cm³)	2.8
Resistencia a Compresión (MPa)	83.927



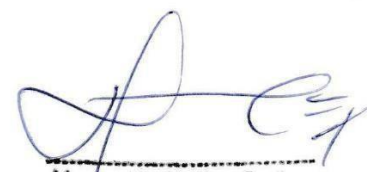
Revisó y Aprobó:


CARLA MILAGROS MENA NEVADO
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 160158

Ingeniera De Laboratorio


MAURO SALVADOR PAICO
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 199593

Ingeniero Especialista En Geotecnia


Marco A. Cotina Tejada
ING. DE MINAS
Reg. CIP: 130630
Ingeniero Especialista En Geomecánica

INFORME DE RESULTADOS: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCA ASTM.D 2938

PROYECTO: Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000

Ubicación: Otuzco – La Libertad

Cientes: José Luis Arroyo Valle, William Anderson Rodrigo Meléndez

Tipo de Muestra: Roca ígnea-Plutónica

Fecha de recepción de la muestra: 03/10/19

Código de Proyecto: LAB-001-19

Informe: Desarrollo de tesis

Descripción de la muestra : Andesita

Lugar: Carretera Trujillo-Otuzco del Km 10 al Km 15

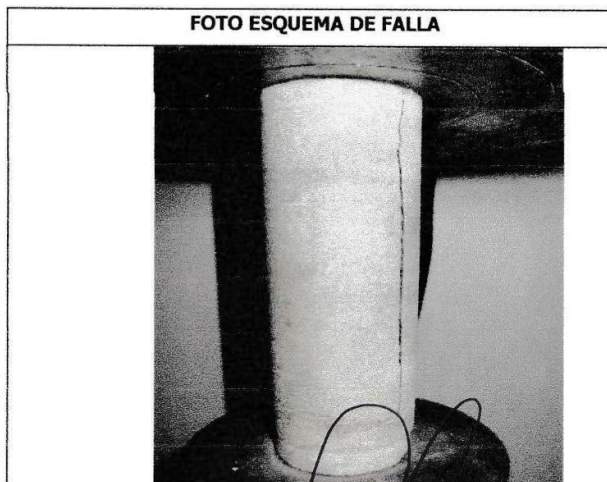
No de Muestra: 02

Orden de Servicio: OS-IGR-LAB-001-19-02

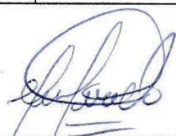
Fecha de ensayo: 21/10/2019

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA	
Diámetro (mm)	55
Altura (mm)	150
Peso de la probeta (g):	685.934
Carga máxima (KN)	127.348
Relación altura/diámetro	2.72
Área (mm ²)	2375.835
Volumen (mm ³)	356375.25
Densidad (g/cm ³)	2.6
Resistencia a Compresión (MPa)	79.359


FOTO ESQUEMA DE FALLA



Revisó y Aprobó:


CARLA MILAGROS MENA NEVADO
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 160158

Ingeniera De Laboratorio


MAURO SALVADOR PÁEZ
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 199593

Ingeniero Especialista En Geotecnia


Marco A. Cotrina
ING. DE MINAS
R. CIP. 130530
Ingeniero Especialista En Geomecánica

INFORME DE RESULTADOS: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCA ASTM.D 2938

PROYECTO: Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000

Ubicación: Otuzco – La Libertad

Cientes: José Luis Arroyo Valle, Willian Anderson Rodrigo Meléndez

Tipo de Muestra: Roca ígnea-Plutónica

Fecha de recepción de la muestra: 03/10/19

Código de Proyecto: LAB-001-19

Informe: Desarrollo de tesis

Descripción de la muestra : Andesita cristalizada color óxido

Lugar: Carretera Trujillo-Otuzco del Km 10 al Km 15

No de Muestra: 03


Orden de Servicio: OS-IGR-LAB-001-19-02

Fecha de ensayo: 21/10/2019


PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA	
Diámetro (mm)	55
Altura (mm)	110
Peso de la probeta (g):	688.975
Carga máxima (KN)	100.357
Relación altura/diámetro	2
Área (mm ²)	2375.835
Volumen (mm ³)	261341.85
Densidad (g/cm ³)	2.4
Resistencia a Compresión (MPa)	42.784



Revisó y Aprobó:


 CARLA MILAGROS MENA NEVADO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 160158

Ingeniera De Laboratorio


 MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 199593

Ingeniero Especialista En Geotecnia


 Marco A. Cotrina Teatino
 ING. DE MINAS
 R. CIP. 130530
 Ingeniero Especialista En Geomecánica

Anexo N° 15: Análisis con el software Swedge

Data N° 2. Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 10+000 km - 10+500 km

Deterministic Input Data ? ▲ X

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m ²)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	36	320	150.2	62.69
Joint Set 2	56	250	150.2	62.69
Upper Face	12	195		
Slope Face	70	270		

☐ Tension Crack

Dip (deg) 70

Dip Direction (deg) 165

Trace Length (m) 0

Slope Properties

Slope Height (m) 23

Unit Weight (t/m³) 2.9

☐ Bench Width (m) 18.3079

☐ Overhanging

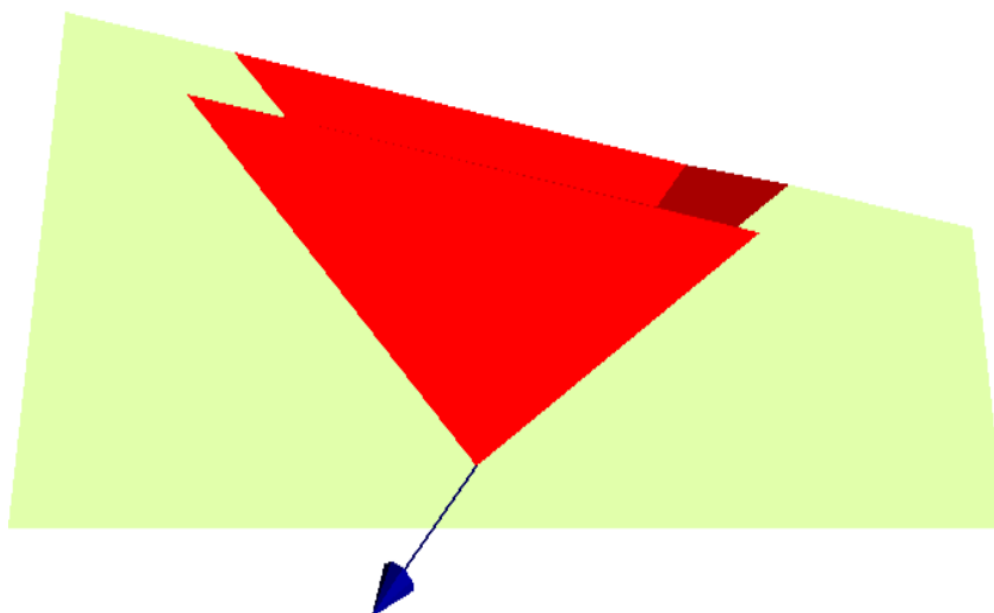
Distance in meters
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 4.1759
Wedge Weight = 18665.1 tonnes
Sliding on Joint 1

Aceptar Cancelar Aplicar

Fuente: Rocscience/ Swedge

Gráfico N° 68. Cuña existente en el talud del tramo 10+000 km - 10+500 km



Fuente: Rocscience/ Swedge

Data N° 3. Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 11+500 km - 12+250 km

Deterministic Input Data ? ▲ ✕

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m ²)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	78	261	0.106	31.8
Joint Set 2	36	241	0.106	31.8
Upper Face	12	195		
Slope Face	75	248		

☐ Tension Crack

Dip (deg) 70
Dip Direction (deg) 165
Trace Length (m) 12

Slope Properties

Slope Height (m) 23
Unit Weight (t/m³) 2.2
☐ Bench Width (m) 50.6081
☐ Overhanging

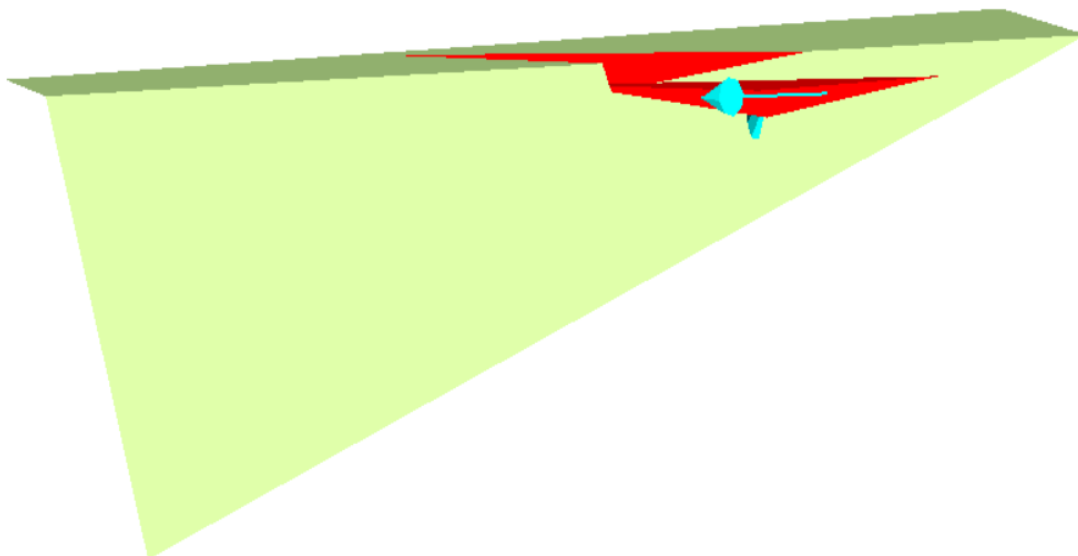
Distance in meters
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 1.80077
Wedge Weight = 134073 tonnes
Sliding on Line of Intersection:
Trend = 174.536 Plunge = 16.1786

Aceptar Cancelar Aplicar

Fuente: Rocscience/ Swedge

Gráfico N° 69. Cuña existente en el talud del tramo 11+500 km - 12+250 km



Fuente: Rocscience/ Swedge

Data N° 4.Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 13+000 km - 13+350 km.

Deterministic Input Data ? ▲ ✕

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m ²)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	55	226	0.104	31.52
Joint Set 2	72	209	0.104	31.52
Upper Face	10	195		
Slope Face	66	230		

☐ Tension Crack

Dip (deg) 70
Dip Direction (deg) 165
Trace Length (m) 12

Slope Properties

Slope Height (m) 23
Unit Weight (t/m³) 2.2
☐ Bench Width (m) 4.68826
☐ Overhanging

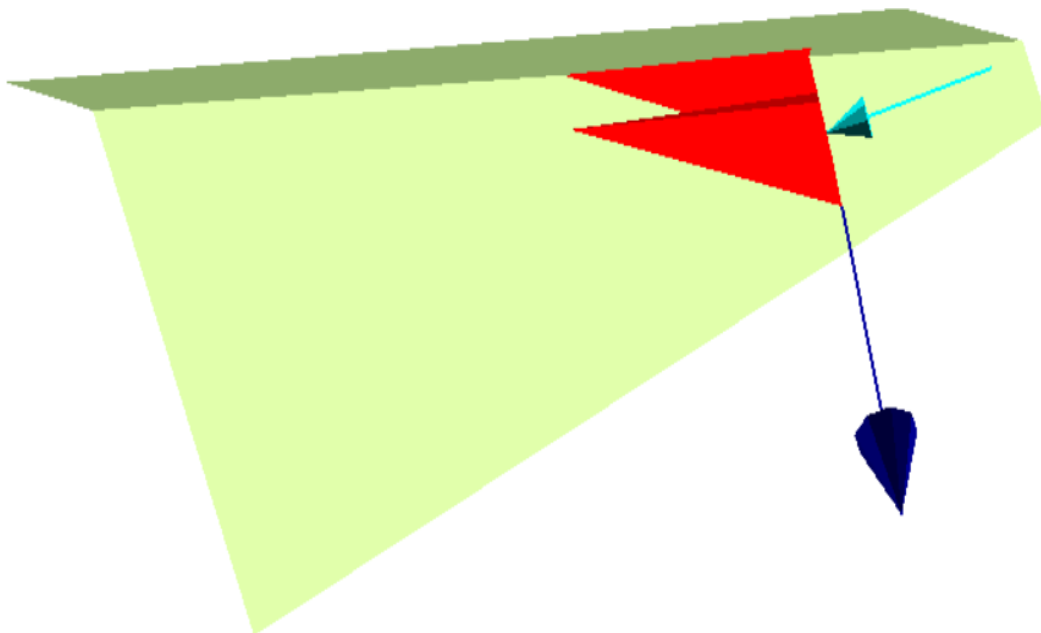
Distance in meters
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 1.04855
Wedge Weight = 1944.15 tonnes
Sliding on Line of Intersection:
Trend = 285.293 Plunge = 36.1026

Aceptar Cancelar Aplicar

Fuente: Rocscience/ Swedge

Gráfico N° 70. Cuña existente en el talud del tramo 13+000 km - 13+350 km



Fuente: Rocscience/ Swedge

Data N° 5. Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 13+350 km - 13+650 km

Deterministic Input Data

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m ²)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	53	233	0.3085	49.49
Joint Set 2	59	214	0.3085	49.49
Upper Face	12	195		
Slope Face	78	277		

☐ Tension Crack

Dip (deg) 70
Dip Direction (deg) 165
Trace Length (m) 12

Slope Properties
Slope Height (m) 23
Unit Weight (t/m³) 2.6
☐ Bench Width (m) 11.6007
☐ Overhanging

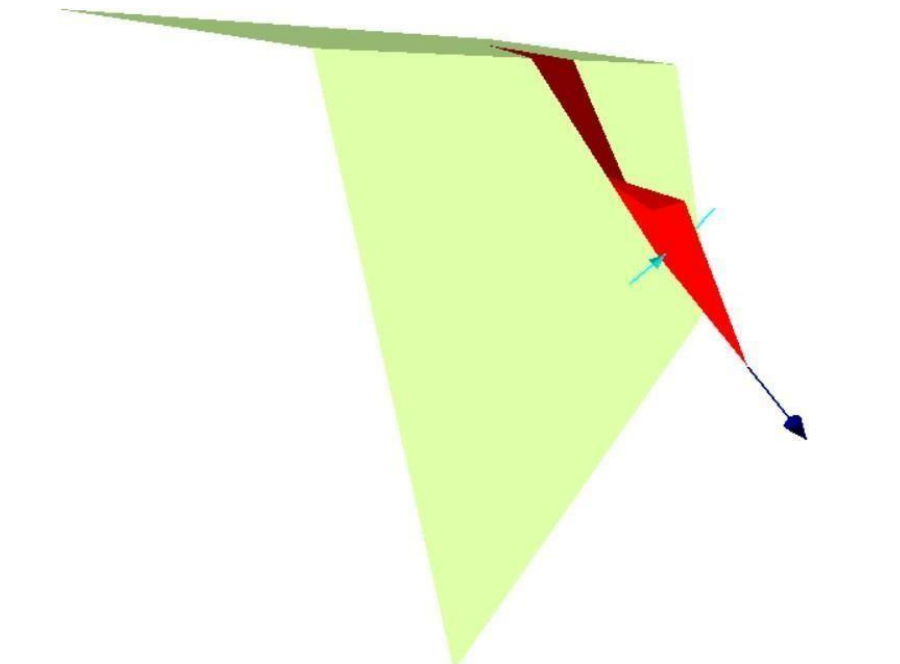
Distance in meters
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 0
Wedge Weight = 732.991 tonnes
Contact Lost on Both Planes

Aceptar Cancelar Aplicar

Fuente: Rocscience/ Swedge

Gráfico N° 71. Cuña existente en el talud del tramo 13+350 km - 13+650 km



Fuente: Rocscience/ Swedge

Data N° 6. Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 13+650 km - 14+000 km

Deterministic Input Data ? ▲ X

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m ²)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	72	268	0.097	30.39
Joint Set 2	30	203	0.097	30.39
Upper Face	12	195		
Slope Face	54	212		

☐ Tension Crack

Dip (deg) 70
Dip Direction (deg) 165
Trace Length (m) 0

Slope Properties

Slope Height (m) 23
Unit Weight (t/m³) 2.2
☐ Bench Width (m) 34.1562
☐ Overhanging

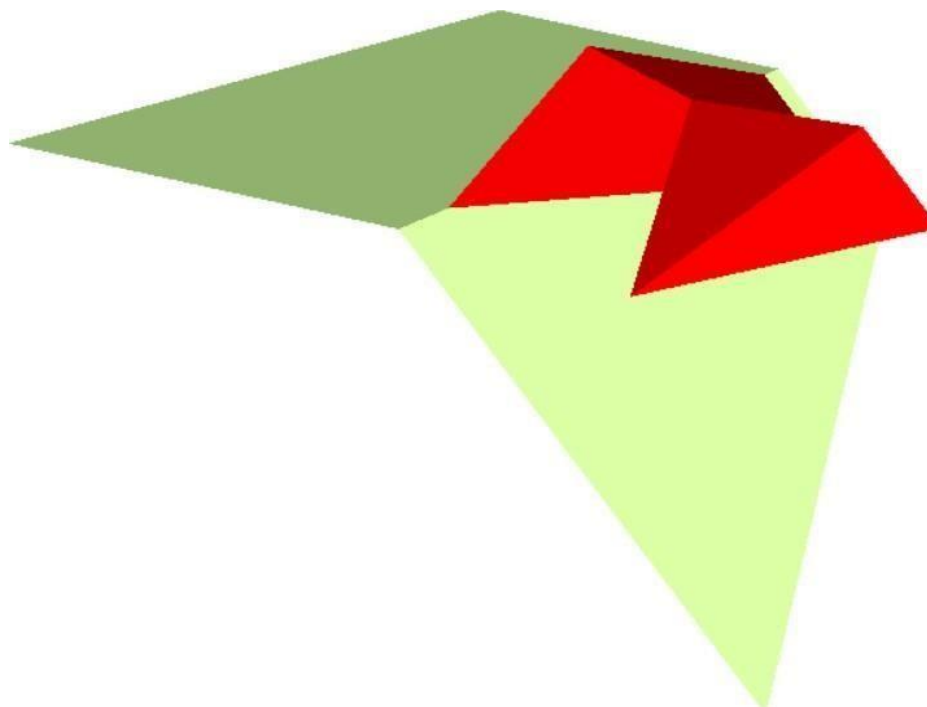
Distance in meters
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 0.290939
Wedge Weight = 66706.8 tonnes
Sliding on Joint 2

Aceptar Cancelar Aplicar

Fuente: Rocscience/ Swedge

Gráfico N° 72. Cuña existente en el talud del tramo 13+650 km - 14+000 km



Fuente: Rocscience/ Swedge

Data N° 7. Valores con relación a la cuña y el talud existente en el tramo 14+000 km - 14+500 km

Deterministic Input Data ? ▲ X

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	21	199	0.38	53.51
Joint Set 2	62	146	0.38	53.51
Upper Face	12	195		
Slope Face	38	216		

☐ Tension Crack

Dip (deg) 70
Dip Direction (deg) 165
Trace Length (m) 12

Slope Properties
Slope Height (m) 23
Unit Weight (t/m3) 2.6
☐ Bench Width (m) 40.9137
☐ Overhanging

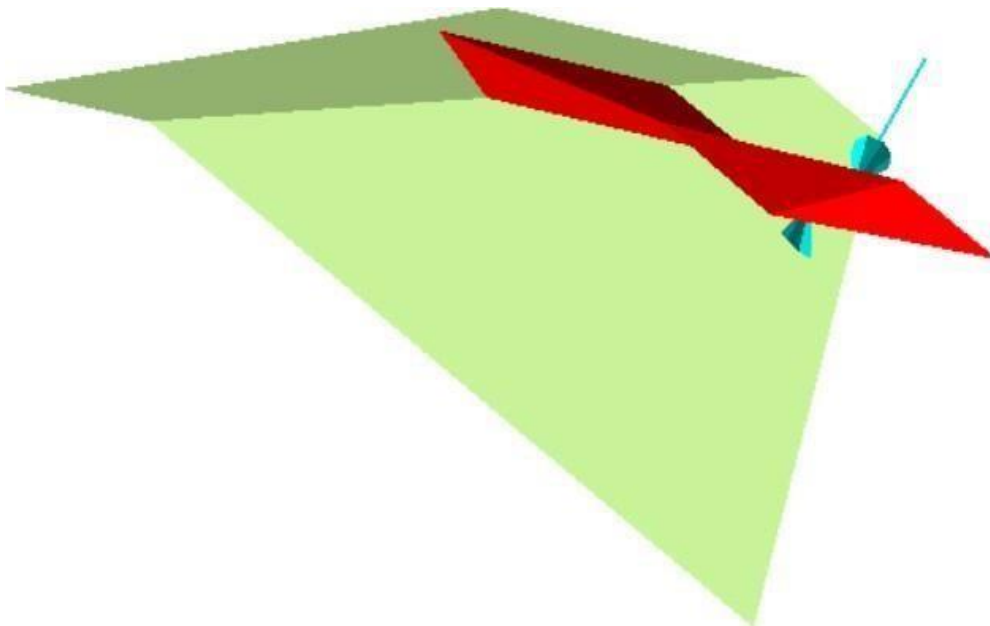
Distance in meters
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 2.66266
Wedge Weight = 16776.2 tonnes
Sliding on Line of Intersection:
Trend = 225.473 Plunge = 18.9635

Aceptar Cancelar Aplicar

Fuente: Rocscience/ Swedge

Gráfico N° 73. Cuña existente en el talud del tramo 14+000 km - 14+500 km



Fuente: Rocscience/ Swedge

Guía de entrevista**Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de taludes
en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000****Estimado entrevistado:**

Las siguientes preguntas son realizadas a especialistas, con la finalidad de conocer los procedimientos que se tienen en cuenta antes y después de un desprendimiento de rocas en la carretera. *Se le solicita la mayor objetividad y veracidad.*

Nombre del Entrevistado : Ing. Semenario Adriáñez, DNI: 44313063
Juis Carlos

Cargo del Entrevistado : Ing. Especialista en geotecnia
Fecha: 25 de Octubre 2019
Hora: 3:30 pm

Entrevistador

: - Arroyo Válli, Jose Luis
- Rodrigo Meléndez, William Anderson

1) ¿En qué zonas se puede encontrar deslizamiento de rocas?

En los cerros, donde se evidencie rocas fracturadas por distintos motivos, ya sean parámetros geológicos o efectos climáticos, así como también en mineras, en los bancos por ejemplo.

2) ¿Qué procedimientos cree usted que puede tener una empresa para hacer una revisión de taludes después de una intensa lluvia?

Tenemos que conocer el grado de estabilidad del macizo rocoso así como también conocer la abertura de la roca después de la primera lluvia, luego conocer la abertura final de la roca, si también hay otros factores que afectan esta abertura, como por ejemplo: intrusiones de Agua subterráneas, identificar donde sea la inestabilidad con el fin de evitarlo.

3) ¿Qué procedimiento se sigue cuando hay un desprendimiento de rocas?

Cuando hay desprendimiento de roca en carretera y esta se ve afectada, se procede a circular la zona afectada con señales diferentes si la carretera es doble vía, se cierra la vía afectada, cuando pasan los fenómenos que causaron este desprendimiento, se procede a limpiar la carretera, posteriormente Realizar estudio geológico de la roca, localizar la inestabilidad de talud con el fin de evitarlo.

- 4) ¿El peaje ayuda a subsanar todos los imperfectos que ocasiona un derrumbe del macizo rocoso? ¿Cuál es la metodología a seguir?

<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
--	-----------------------------

El gobierno de la localidad debe de gestionar todas las obras por derrumbe que afectaron en la carretera y/o poblaciones cerca, así como también Realizar un estudio geomecánico para hacer un sostenimiento adecuado para evitar estos derrumbes, con el fin de recaudar dinero ya invertido se implementara un peaje.

- 5) ¿Por qué se visualiza una sola vía en carretera cuando existe inestabilidad de taludes?

Por que se ha derrumbado una parte de la carretera, asique cayendo rocas del cerro con menor intensidad que obstruye el paso de vehículos en ambos carriles

- 6) ¿Qué normativas conoces con respecto a taludes? ¿Cuáles son?

La ley N° 27792, ley de Organización y Funciones del ministerio Vivienda Construcción y saneamiento que según DS.017-2012 reactualiza la norma C.E020 sobre taludes, que contempla las especificaciones técnicas mínimas para el mejoramiento de la estabilidad de taludes.
- Según el reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en la minería D-5 024-2016 en menciona en sus artículos 33, 33 y 224 que deberán realizar un estudio de taludes y deberán hacerlo mediante ingenieros colegiados para poder llegar a conocer las características del macizo rocoso.

- 7) ¿Usted qué tipo de sostenimiento conoce para la inestabilidad de taludes?

Las mallas de sostenimiento, el shotcrete, los Pernos de Anclaje, cimbra metálicas, Marco Noruega, entre otros.

- 8) ¿Usted cree que los costos de estudios técnicos de taludes inestables son elevados?

Si, son elevados, puesto que necesitamos un staff de profesionales como: ingenieros geólogos, ingenieros geotecnistas e ingenieros especialistas en geomecánica, puesto que necesitamos realizar un estudio completo a todo el basamento rocoso ya sean, geológicos, geomecánicos estudio de suelo, y ensayos de laboratorio, para poder saber el tipo de Macizo Rocos, el grado de la estabilidad de talud, el fracturamiento que tiene la roca, con todos los estudios mencionados podemos saber que tipo de sostenimiento emplea.